

Penentuan Kriteria Demarkatif untuk Nilai π dalam penerapannya secara praktis



Skripsi

diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar
guna memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar
Sarjana Sains Matematika

Oleh :

MUHAMMAD ARFAH SYAM

NIM : 60600110026

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI ALAUDDIN
MAKASSAR**

2017

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan penuh kesadaran, penyusun yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi ini benar adalah hasil karya penyusun sendiri. Jika di kemudian hari terbukti bahwa ia merupakan duplikat, tiruan, plagiat, atau dibuat oleh orang lain, sebagian atau seluruhnya, maka skripsi dan gelar yang diperoleh karenanya batal demi hukum.

Makassar, 16 Agustus 2017

Penyusun,


Muhammad Arfah Syam
NIM:60600110026

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
ALAUDDIN
M A K A S S A R

PENGESAHAN SKRIPSI

Skripsi yang berjudul "Penentuan Kriteria Demarkasi untuk Nilai II dalam Penerapannya secara Praktis", yang disusun oleh Saudara **Muhammad Arfah Syam**, Nim: **60600110026** Mahasiswa Jurusan Matematika pada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar, telah diuji dan dipertahankan dalam sidang *munaqasyah* yang diselenggarakan pada hari Rabu tanggal **16 Agustus 2017 M**, bertepatan dengan **23 Dzul-Qaidah 1438 H**, dinyatakan telah dapat diterima sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Matematika (S.Mat.).

Makassar, 16 Agustus 2017 M
23 Dzul-Qaidah 1438 H

DEWAN PENGUJI

Ketua	: Prof. Dr. H. Arifuddin Ahmad, M.Ag.	(.....)
Sekretaris	: Ermawati, S.Pd., M.Si.	(.....)
Munaqisy I	: Wahidah Alwi, S.Si., M.Si.	(.....)
Munaqisy II	: Muh. Rusydi Rasyid, S.Ag., M.Ed.	(.....)
Pembimbing I	: Irwan, S.Si., M.Si.	(.....)
Pembimbing II	: Muhammad Ridwan, S.Si., M.Si.	(.....)

Diketahui oleh:

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Alauddin Makassar

Prof. Dr. H. Arifuddin Ahmad, M.Ag.
Nip. 19691205 199303 1 001

MOTTO

Bagaimanapun 'semua ilmu' bisa keliru...

(Karl Popper)

...alam hanya dapat ditundukkan melalui penguasaan disiplin ilmu matematis

(Al-Kindi)

'Tidak ada satupun yang berada dibawah kekuasaan kita sepenuhnya kecuali pikiran kita'

(Descartes)



PERSEMBAHAN

Dengan memanjatkan syukur Alhamdulillah kehadiran Allah SWT, Tuhan penguasa alam semesta atas Rahmat dan restu-Nya, sehingga penulis bisa berdiri menapaki kehidupan di dunia ini.

Nabi Muhammad SAW, penerang kehidupan yang telah menunjukkan jalan yang benar kepada umatnya.

Kupersembahkan karya kecil ini kepada:

Kedua orangtuaku tercinta, Usmang Tiro & Patimasyam terimakasih atas segalanya, terimakasih atas doa restu, kasih sayang, kepercayaan, support, nasehat, yang telah diberikan selama ini.

Kedua saudaraku, Muhammad Amri Maulana & Muhammad Alamsyah Azhari yang selalu memberikan semangat.

Pak Irwan S.Si., M.S.i dan Muhammad Ridwan, S.Si., M.S.i serta Bu Wahidah Alwi S.Si., M.S.i, terimakasih atas kesabarannya selama ini membimbing, memberi nasehat dan terimakasih atas kepercayaan yang diberikan selama ini.

Teman² Algebara 2010 yang selama ini telah menjadi teman yang baik, teman seperjuangan Sukriadi, Nurfiah Latif, Ernawati, Supiani & Ridwansyah serta semua teman² yang tidak saya sebutkan, Terimakasih.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu alaikum Wr.Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena dengan rahmat dan hidayah-Nyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi ini dengan baik.

Skripsi dengan judul **“Penentuan Kriteria Demarkasi untuk Nilai π dalam penerapannya secara praktis”** yang merupakan tugas akhir dalam menyelesaikan studi dan sebagai salah satu syarat yang harus terpenuhi untuk memperoleh gelar Sarjana Matematika (S.Mat.) pada program studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.

Perjalanan dalam meraih pengetahuan selama ini merupakan pengalaman yang sangat berharga dengan nilai yang tak terhingga. Ketekunan dan keseriusan senantiasa diiringi do'a telah mengantarkan penulis untuk mendapatkan semestinya, walaupun tidak seutuhnya. Penulis tidak dapat memungkiri bahwa apa yang diperoleh selama ini adalah perjuangan bersama. Dukungan, semangat dan perhatian yang tulus menjadi semangat baru dalam mengiringi perjalanan penulis untuk menyelesaikan pengembaraan dalam dunia pengetahuan ini. Sejatinya keberhasilan dan kesuksesan ini tidak lepas dari berbagai dukungan dan peran dari berbagai elemen yang terlibat didalamnya.

Secara khusus penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua tercinta ayahanda **Usmang Tiro** dan ibunda **Patimasyam** yang telah mempertaruhkan seluruh hidupnya untuk kesuksesan anaknya, yang telah melahirkan, membesarkan dan mendidik dengan sepenuh hati dalam buaian kasih sayang kepada penulis.

Dalam kesempatan ini pula, penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak akan terselesaikan tanpa dukungan dari berbagai pihak, Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak **Prof. Dr. H. Musafir Pababbari, M.Si.**, Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar dalam hal ini, Kampus II Samata, Gowa, beserta seluruh jajarannya.
2. Bapak **Prof. Dr. H. Arifuddin, M.Ag.**, Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar.
3. Bapak **Irwan, S.Si., M.Si.**, Ketua Jurusan Matematika dan Ibu **Wahidah Alwi, S.Si., M.Si.** Sekretaris Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar.
4. Pembimbing I, **Irwan, S.Si., M.Si** dan Pembimbing II, **Muhammad Ridwan, S.Si., M.Si.**, serta Penguji *Munaqasyah*, Ibu **Wahidah Alwi, S.Si., M.Si.**, dan Bapak **Muh. Rusdi Rasyid, S.Ag., M.Ed.** yang dengan penuh kesabaran telah meluangkan waktu dan pemikirannya untuk memberikan bimbingan, arahan, dan petunjuk mulai dari pembuatan proposal hingga rampungnya skripsi ini.

5. Seluruh dosen jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar yang telah menyalurkan ilmunya kepada penulis selama berada di bangku kuliah.
6. Segenap karyawan dan karyawan Fakultas Sains dan Teknologi yang telah bersedia melayani penulis dari segi administrasi dengan baik selama penulis terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar
7. Seluruh keluarga besar penulis, terkhusus dan teristimewa untuk saudara-saudaraku Muhammad Amri Maulana dan Muhammad Alamsyah Azhari yang telah memberikan dukungan yang tiada hentinya buat penulis.
8. Teman-teman dan saudara-saudara ALGEBRA seperjuangan yang telah menjadi teman sekaligus saudara yang terbaik bagi penulis, pada HMJ Matematika, Senior maupun Junior Matematika UIN Alauddin Makassar yang selama ini memberikan banyak motivasi, dan bantuan bagi penulis.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu penulis dengan ikhlas dalam banyak hal yang berhubungan dengan penyelesaian studi penulis.

Semoga skripsi yang penulis persembahkan ini dapat bermanfaat. Akhirnya, dengan segala kerendahan hati, penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya atas segala kekurangan dan keterbatasan dalam penulisan skripsi ini. Saran dan kritik yang membangun tentunya sangat dibutuhkan untuk penyempurnaan skripsi ini.

Wassalamu Alaikum Wr.Wb

Makassar, Agustus 2017

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GRAFIK	xv
DAFTAR SIMBOL	xvi
ABSTRAK	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Tujuan Penelitian	6
D. Manfaat Penelitian	7
E. Batasan Masalah	8
F. Sistematika Penulisan	9

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengantar	10
B. Popper Menuju Lahirnya Falsifikasi	11
C. Verifikasi Dogmatis Penganut Positivisme Logis	14
D. Metode Falsifikasi dan Pemenuhan Kriteria Demarkasi	18
E. Evolusi Paradigma Menuju Revolusi Sains	24
F. Titik Historiologi Nilai π menuju era Digital	29
G. Era baru dari ENIAC hingga Kanada's Method	38
H. Menjembatani Agama Islam dan Sains Matematika	44

BAB III METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian	58
B. Waktu Penelitian	58
C. Prosedur Penelitian	58
D. Diagram Alur Penelitian	59

BAB IV PEMBAHASAN

A. Metode Archimedes untuk Mencapai Derajat Inkonsistensi π	61
B. Falsifikasi nilai 3.14 sebagai π Konvensional	68
C. Penentuan Kriteria Demarkasi pada Nilai π	80
D. Nilai π pada Geometri Fraktal	83
E. Pengkajian Nilai π secara praktis pada Konsep Riba	87

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan	92
B. Saran	94

DAFTAR PUSTAKA	95
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN	98
-----------------------	-----------

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	30
Rhind Papyrus yang Sekarang berada di Museum Inggris (1800-1650 SM).	
Gambar 2	33
Arsip dari <i>Measurement of A Circle</i> Archimedes.	
Gambar 3	36
Titik-titik Koordinat Kartesian Metode Newton untuk π .	
Gambar 4	39
ENIAC didalam ruangan Smithsonian.	
Gambar 5	43
Yasumasa Kanada dalam Kantornya di Tokyo.	
Gambar 6	60
Model Waterfal.	
Gambar 7	61
Segi-6 dalam sebuah lingkaran dan sebuah ΔACE dengan Jari-jari (r) = 1.	
Gambar 8	63
Pergeseran Segi-n menuju titik konstan π dalam lingkaran.	

Gambar 9	84
Bangun Fraktal Segitiga Sierspinki Standar dan Himpunan Mandelbrot yang berupa bangun Geometri Fraktal.	
Gambar 10	85
Paru-paru dan Pohon yang secara alami termasuk Geometri Fraktal.	
Gambar 11	85
Bulan dan Bumi yang dianggap berbentuk lingkaran sempurna.	
Gambar 12	85
Bulan dan Bumi pada skala pembesaran tertentu akan terlihat permukaannya yang tidak beraturan yang lebih terlihat sebagai Lingkaran Fraktal.	
Gambar 13	86
Kenampakan Luar Angkasa yang dipenuhi oleh hal-hal yang Fraktal.	
Gambar 14	89
Perbandingan Skala antara Literan dengan jari-jari lebih kecil dibandingkan Tangki mobil Bahan Bakar.	

DAFTAR TABEL

Tabel 1	64
Pengkalkulasian dan pergeseran ke-n untuk titik konstan π .	
Tabel 2	71
Falsifikasi Anomali pada Nilai π Konvensional hingga 10 digit desimal untuk Luas Lingkaran.	
Tabel 3	73
Falsifikasi Anomali pada Nilai π Konvensional hingga 10 digit desimal untuk Volume Bola.	

DAFTAR GRAFIK

Grafik 1	81
-----------------------	----

Pergeseran nilai selisih terhadap Pertambahan Jari-jari pada Luas Lingkaran.



DAFTAR SIMBOL

π	: Rasio perbandingan diameter dan keliling lingkaran.
$\pi_{\text{konvensional}}$: π yang umum digunakan, dalam hal ini 3.14.
R, r	: Jari-jari Lingkaran
d	: Diameter Lingkaran
\mathcal{A}	: Keliling Lingkaran
V	: Volume Lingkaran
\mathcal{L}	: Luas Lingkaran
$\mathcal{L}_{(r)}$: Luas Lingkaran pada jari-jari R
π_{∂}	: π pada digit desimal ke- n
$\pi_{\partial} \mathcal{L}_{(r)}$: Luas Lingkaran pada jari-jari R dan pada digit desimal ke- n
S	: Selisih antara dua kuantitas Luas atau Volume
∂	: Digit desimal π
e	: Error toleransi dari π
Δ	: Bangun Segitiga
ABC	: Segmen garis dari titik A, B, C dari segitiga
$^{\circ}$: Derajat (1 lingkaran : 360°)
$+$: Penjumlahan, penambahan, union, disjoint
$-$: Pengurangan, kurang, negatif, minus
$\times, *$: Perkalian, kali, astrisk
$/, :$: Pembagian, bagi
$\sqrt{}$: Akar Kuadrat
$=$: Persamaan, sama dengan, perbandingan dua kuantitas

\neq	: (Pertidaksamaan) tidak sama dengan
$<$: (Pertidaksamaan) kurang dari
$>$: (Pertidaksamaan) lebih dari
\leq	: (Pertidaksamaan) kurang dari atau sama dengan
\geq	: (Pertidaksamaan) lebih dari atau sama dengan
\in	: Elemen, unsur dari-, set-membership
Σ	: Sigma, Penjumlahan total, Jumlah keseluruhan nilai dalam seri
∞	: Tak hingga, tak-berhingga
\int	: (Kalkulus) Integral
$(), [], \{ \}$: Tanda kurung
$n!$: Faktorial, Kombinatorika
Tan, Arctan	: Ratio Trigonometri, untuk Tangen (rasio sudut antara Sinus & Cosinus), Arctangen (inversi dari Tangen)
k, n, x	: Variabel-variabel, untuk nilai yang diketahui
a, b, c, s	: Himpunan Alogaritma (Quadratic / Cubinally)
P_k	: Quadratically konvergen untuk π
$\frac{1}{a_k}$: Cubinally konvergen untuk π

Nama : Muhammad Arfah Syam
Nim : 60600110026
Jurusan : Matematika
Judul Skripsi : Penentuan Kriteria Demarkatif untuk Nilai π dalam penerapannya secara praktis

ABSTRAK

Skripsi ini membahas tentang penentuan Kriteria Demarkatif bagi nilai π . Kriteria Demarkatif yang ditarik dari proses penfalsifikasian, akan memberikan beberapa konjektur yang berfungsi untuk meminimalisir besarnya nilai selisih error yang muncul karena penggunaan nilai π yang tidak sesuai. Besarnya nilai selisih error ini meningkat seiring dengan penambahan digit dan juga lompatan-lompatan besaran jari-jari dari π . Oleh karena itu diperlukan Kriteria Demarkatif yang dapat dijadikan acuan dalam menentukan nilai π . Kriteria Demarkatif tersebut dapat dituliskan dalam Konjektur (1) Untuk setiap nilai π berlaku $\pi = 3 + \partial$, dimana $\partial \in \text{besaran digit desimal } \pi$ dan $0.14 < \partial < 0.2$. Jika diketahui sebuah Jari-jari R pada sebuah lingkaran maka untuk luasnya berlaku $L = \pi R^2 = (3 + \partial)R^2$; Konjektur (2) Jika diketahui jari-jari R , maka untuk setiap (a) $R \leq 10$ dapat berlaku $\pi = 3,14$ dengan error toleransi $e < 0,2$ atau (b) $R > 10$ dapat berlaku $\pi \neq 3,14$. Dalam masalah praktis maka dua konjektur dapat dijadikan solusi dan tolak ukur kriteria demarkatifnya. Pada Konjektur 2a, nilai $\pi = 3.14$ masih mungkin untuk digunakan karena pelencengan luasnya masih sangat kecil. Namun jika lebih dari hal tersebut maka harus berlaku Konjektur 2b, yakni pertambahan nilai Jari-jari harus diiringi dengan pemilihan nilai π dengan digit yang disesuaikan, demi mengurangi tingkat selisih errornya.

Kata kunci: Falsifikasi, Kriteria Demarkatif, π Konvensional.

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Setiap prinsip-prinsip yang bekerja pada setiap upaya menghasilkan berbagai teorema yang ada pada setiap disiplin ilmu, umumnya tidak lepas dari sistem pembenaran-pembenaran. Sistem pembenaran ini sering juga disebut sebagai suatu kriteria penyimpulan (*inference*) atau para penganut Positivisme Logis menyebutnya sebagai Metode Verifikasi. Metode Verifikasi ini menganggap bahwa sebuah pernyataan baru dianggap logis (bermakna) hanya jika ditemukan fakta empiris yang bersesuaian dengannya melalui eksperimen.

Metode Verifikasi yang menjadi umum ini bukannya tanpa cacat. Metode Verifikasi pada kenyataannya sering melahirkan inkonsistensi-inkonsistensi dan ‘setiap kesimpulan apa saja yang ditarik dengan cara induktifikasi ternyata sering salah’.¹ Banyaknya inkonsistensi yang awalnya lahir sebagai sains normal tersebut tidak lepas dari penyimpulan yang terlalu dini baik karena kebutaan terhadap fakta-fakta, karena faktor kelalaian dalam pengamatan, maupun karena faktor-faktor lain yang pada akhirnya memicu munculnya sains terbarukan. Pada dasarnya inkonsistensi-inkonsistensi tersebut bisa dihindari, hanya saja dengan susah payah.

¹ Karl R. Popper, *Logika Penemuan Ilmiah* (Cet.I, Yogyakarta : Pustaka Pelajar, 2008) h. 6. Disini metode verifikasi sering juga disebut sebagai sistem induktifikasi dimana pernyataan-pernyataan partikular (khusus) yang dapat diverifikasikan akan bisa diterima sebagai pernyataan universal (umum).

Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah metode yang mampu berperan sebagai filtrasi, untuk menyaring bagian-bagian yang tidak sesuai dengan fakta-fakta yang diperbaharui, sebagai sebuah alat yang mampu menguji setiap teori-teori yang sebelumnya telah diajukan secara partikular dan diterima secara universal. Sebuah metode yang kemudian disadari oleh **Sir Karl Raimund Popper**, yang mengajukannya menjadi sebuah prinsip baru metodifikasi saintifik yang kemudian disebut metode *falsifikasi*.

Falsifikasi dapat dikatakan merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui seberapa jauh berbagai konsekuensi-konsekuensiderans baru suatu teori-tak peduli hal baru apapun yang mungkin dinyatakan bertahan terhadap tuntutan-tuntutan praktis, entah dimunculkan oleh eksperimen-eksperimen yang bersifat ilmiah belaka, ataupun penerapan-penerapan teknologis praktis.²

Selama sebuah teori mampu bertahan menghadapi ujian-ujian yang terperinci dan keras, dan ia tidak tergantikan oleh teori lain dalam perjalanan gerak maju ilmiah, kita dapat mengatakan bahwa ia telah membuktikan keberaniannya (*mettle*), atau ia telah *dikoroborasikan* (dikuatkan).³ Pada dasarnya setiap teori harus mengalami proses *falsifikasi* ini agar betul-betul dapat dipastikan bahwa teori tersebut adalah benar pernyataan yang layak diterima secara universal, dan tidak ada sedikitpun kepincangan yang akan memberikan dampak buruk ketika dialihkan ke pemakaian praktisnya.

² Karl R. Popper, *Logika Penemuan Ilmiah*, h. 11.

³ Karl R. Popper, h.12.

Salah satu disiplin ilmu yang layak dan harusnya terus menjalani proses *falsifikasi* ini adalah Ilmu matematika. Disiplin ilmu yang selama ini banyak dinyatakan sebagai ilmu pasti. Bahkan, sering dianggap sebagai ibu dari semua ilmu pengetahuan.

Dalam hal ini penulis secara khusus ingin menerapkan proses *falsifikasi* pada salah satu cabang penting matematika, yakni geometri. Banyak teori-teori berdasar konsensus terus digunakan saat ini dalam geometri seakan menjauh atau sengaja dijauhkan dari proses pengujian-pengujian berkelanjutan yang dalam hal ini kita sebut metode *falsifikasi*. Peran serta geometri dalam penerapan praktisnya pada kehidupan sehari-hari, tentu harus berbarengan dengan proses *falsifikasi* yang berlangsung terhadapnya, menjadi sangat penting untuk bersikap skeptis terhadap semua perangkat atau teori-teori yang umum digunakan baik secara teoritis maupun secara praktis dalam geometri.

Geometri memiliki banyak hal yang begitu unik berkaitan dengan keinkonsistensian teori-teorinya yang menarik untuk diteliti dan diuji. Salah satu yang penting menjadi bahan kajian tersebut dalam makalah ini adalah keinkonsistensian nilai π pada geometri.

Nilai π adalah satu dari beberapa subjek penelitian tertua umat manusia dan salah satu topik matematika yang menjadi objek penelitian terlama. Orang-orang mengaitkan kesemuanya dengan π hingga ribuan tahun. Misalnya, dimulai pada tahun 2000 SM, bangsa Babilonia dan Mesir menyelidiki perkiraan nilai π yang selisihnya

kurang dari 0.02 dari nilai sebenarnya.⁴ Hingga dekade terakhir ini permasalahan mengenai nilai π selalu bertumpuh pada pencarian metode yang tepat untuk mengkalkulasikan digit terbanyak. Selain permasalahan metode, banyak pula matematikawan yang pada akhirnya menfokuskan objek penelitiannya dengan berlomba memecahkan rekor pencapaian banyak digit π yang sudah dicapai oleh matematikawan sebelumnya. Makin banyak digit yang diperoleh, maka makin banggalah matematikawan itu.

Namun pada penelitian kali ini, penulis tidak akan bertumpu pada objek masalah tersebut. Hal yang pertama yang mendasari ketidaktertarikan itu yakni karena sudah banyaknya matematikawan yang turun dan turut berkecimpung mencari banyaknya digit π yang dapat dicapai, dimana mereka lebih banyak bertumpu pada proses pengkalkulasian digit π yang dengan jumlah sebanyak-banyaknya. Misalnya di periode terakhir, tepatnya pada tanggal 16 Oktober 2011 seorang matematikawan Jepang bernama Shigeru Kondo berhasil memperoleh digit π hingga *10 trilyun* dan memecahkan rekor seketika itu juga sebagai matematikawan pengkalkulasi jumlah digit nilai π terbanyak. Banyaknya digit yang diperoleh memang sebuah pencapaian yang sangat mengagumkan dan luar biasa.

Kedua yang menyebabkan penulis tidak tertarik dengan itu, yakni karena adanya permasalahan teknis mengenai metode-metode yang mungkin digunakan. Penumpukan metode-metode yang umum dipakai untuk mengkalkulasikan nilai π sejak dulu hingga sekarang telah cukup mewakili semua kemungkinan yang bisa muncul.

⁴ Jorg Arndt, *π Unleashed* (New York : Springer, 2001), h.6.

Masing – masing metode lahir dengan kelebihan dan kekurangannya. Bahkan memasuki abad ke-20, metode yang digunakan hanyalah merupakan pengembangan dari metode-metode yang sebelumnya sudah lebih dulu ada tanpa mempengaruhi keakuratan hasilnya.

Sebab yang terakhir yakni karena adanya permasalahan yang jauh lebih layak menjadi bahan perhatian, selain permasalahan metode maupun banyaknya digit tersebut. Tidak sedikit matematikawan yang justru tidak memperlakukan lagi masalah keakuratan nilai π . Baik Akurasi (*Accuracy*) maupun Presisi (*Precision*) umumnya tidak lagi dipersoalkan, padahal masalah ini menjadi yang paling esensial dibandingkan permasalahan metode dan banyaknya digit dari π . Tingkat error menjadi bahan kajian yang justru jauh lebih menarik. Suatu keyakinan yang kemudian muncul menjadi dasar penyusunan skripsi ini, yakni bahwa seberapa rumitpun metodenya dan seberapa banyakpun digit yang berhasil dipecahkan; tidak akan banyak berguna jika Akurasi dan Presisi dari nilai π yang digunakan secara praktisnya dalam kehidupan sehari-hari itu keliru.

Berlandaskan pada permasalahan yang sederhana itulah, maka penelitian ini menjadi menarik untuk dilaksanakan lebih jauh; dan berdasarkan latarbelakang itulah penulis memutuskan penelitian dengan judul '*Penentuan Kriteria Demarkasi untuk Nilai π dalam penerapannya secara praktis*' ini akhirnya terlaksana. Dengan menfalsifikasikan nilai π yang umum digunakan (misalnya 3.14, 22/7, dll) maka akan dapat ditentukan kriteria demarkasi yang paling mungkin meningkatkan derajat Akurasi

dan Presisi dari nilai π tersebut. Terutama ketika sudah dibenturkan dengan permasalahan-permasalahan praktis di kehidupan sehari-hari seperti yang telah dikemukakan.

B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dikaji lebih lanjut dalam pembahasan kali ini yakni :

1. Apa saja wujud anomali-anomali dalam nilai π yang diperoleh melalui metode falsifikasi ?
2. Apa saja Kriteria Demarkatif dari Nilai π yang dapat ditarik setelah difalsifikasikan ?
3. Bagaimana penarapan nilai π setelah difalsifikasikan dalam beberapa masalah-masalah praktis ?

C. Tujuan Pengkajian

Adapun tujuan akan diperoleh setelah pengkajian setiap masalah yang dibahas kali ini yakni :

1. Untuk mengetahui beberapa wujud anomali-anomali dalam nilai π yang dapat diperoleh melalui metode falsifikasi.

2. Untuk mengetahui Kriteria Demarkasi Ketidakpastian Nilai π yang dapat ditarik setelah difalsifikasikan.
3. Untuk mengetahui penarapan nilai π sebelum difalsifikasikan (π *conventional*) dan π setelah difalsifikasikan dalam beberapa masalah-masalah praktis.

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian diharapkan dapat memberikan manfaat terutama bagi bidang ilmu yang diteliti. Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi penulis

Membantu penulis untuk mengetahui setiap ketidaksesuaian dan ketidaknormalan yang hadir dari nilai π dengan mengaplikasikan metode falsifikasi terhadapnya. Lebih khususnya lagi yakni, untuk mengetahui dan menentukan Kriteria Demarkasi I untuk nilai π .

2. Bagi jurusan .

Penulis berharap hasil penelitian singkat ini dapat dijadikan sebagai bahan bacaan yang dapat memberikan tambahan wawasan khususnya yang terkait dengan nilai π secara umum. Selain itu juga dapat dijadikan acuan bagi mahasiswa lainnya yang tertarik mengembangkannya lebih jauh atau dapat juga memberikan bahan referensi baginya dan juga bagi pihak perpustakaan.

3. Bagi pihak lain

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menambah referensi, informasi dan wawasan untuk mendukung penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan penggunaan metode falsifikasi untuk menentukan kriteria demarkasi pada nilai π . Disisi lain penelitian ini juga dapat dijadikan sebagai bahan kepustakaan serta sumber pengetahuan.

E. Batasan Masalah

Anomali-anomali yang hadir pada nilai π dalam geometri menjadi menarik untuk dikaji secara mendalam. Sehingga pembahasan yang terperinci dalam kajian makalah ini tidak akan lepas dari batasan masalah tersebut. Ruang lingkup penelitian dilakukan pada penfalsifikasian nilai π yang kemudian akan sangat berguna untuk menentukan Kriteria Demarkasi yang tepat untuk nilai π . Secara umum, metode yang digunakan pada penelitian ini akan didominasi sepenuhnya oleh metode *falsifikasi* walaupun tidak secara kasat mata, terutama untuk menentukan beberapa Kriteria Demarkasi tersebut.

F. Sistematika Penulisan

Secara garis besar sistematika penulisan makalah ini terdiri atas

Bab I Pendahuluan yang terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan

Bab II. Tinjauan Pustaka. Bab ini berisi dasar teori mengenai metode falsifikasi dan lawannya yakni metode verifikasi, mengenai Karl Popper sebagai penemu metode falsifikasi, Mengenai Proses Perjalanan menuju sains Revolusioner, serta tinjauan pentingnya Penerapan Praktis untuk menghindari penumpukan-penumpukan teori-teori yang tidak berguna, diakhir bab akan ditunjukkan proses perjalanan secara Historis mengenai Pengkalkulasian nilai π sejak zaman Babilonia dan Mesir Kuno hingga ke era digital. Dan ditutup oleh pemaparan tinjauan tentang upaya menjembatani agama islam dan sains matematika.

Bab III Metode Penelitian. Bab ini berisi ruang lingkup kegiatan yaitu: jenis penelitian, lokasi penelitian, jenis dan sumber data, dan prosedur kerja dengan menggunakan metode falsifikasi.

Bab IV Pembahasan. Bab ini akan mengkaji lebih mendalam setiap rumusan masalah yang ada terkait metode Penfalsifikasian nilai π dan penentuan Kriteria Demarkatifnya.

Bab V Penutup. Bab terakhir ini akan ditarik konklusi dan rangkuman secara umum mengenai setiap pembahasan yang sebelumnya telah dikaji.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengantar

Sains adalah suatu eksplorasi ke alam materi berdasarkan observasi, dan mencari hubungan-hubungan alamiah yang teratur mengenai fenomena yang diamati serta bersifat mampu menguji diri sendiri.⁵ Ada empat langkah yang ditekankan oleh M.T Zen dalam pengertian tersebut yakni, sains dimulai dengan eksplorasi ke alam materi, kemudian menyesuaikannya dengan hasil observasi, menkorespondesikannya dengan berbagai fenomena yang berhasil diamati, dan terakhir melawati tahap pengujian.

Yang disebutkan terakhir adalah hal yang akan menjadi fokus dalam pelaksanaan penelitian ini. Dalam dunia sains proses pengujian ini jamak disebut sebagai metode Falsifikasi. Falsifikasi akan bisa memunkinkan proses pengujian hasil penelitian menjadi lebih obyektif dan bebas nilai. Sebenarnya ada banyak metode filsafati sains yang bisa digunakan, namun dalam proses pengujian nilai π ini, metode falsifikasi menjadi yang paling tepat digunakan. Dalam hal ini peneliti tidak hendak menunjukkan bahwa metode falsifikasi lebih sempurna dari metode-metode lainnya seperti apa yang ditekankan oleh penggagasnya Karl Popper, yang secara ekstrem mengatakan bahwa falsifikasi adalah puncak metodologi sains. Namun sejalan dengan maksud tersebut metode ini lebih mampu untuk memecahkan kebuntuan-kebuntuan

⁵ M.T Zen, *Sains, Teknologi dan Hari Depan Manusia* (Jakarta : Gramedia,1981), h.9

yang selanjutnya akan menjadi fokus utama dalam objek penelitian kali ini yakni, nilai π .

B. Popper Menuju Lahirnya Falsifikasi

Alangkah tidak baik sekiranya saat menyelami sebuah metode filsafati sains secara mendalam tanpa menyentuh titik historisnya, yang jika sekiranya disadari, maka tentu tinjauan awal pertama yang sebaiknya dikaji adalah mengenai pendiri dan penggagas metode tersebut, dalam hal ini untuk metode *falsifikasi* sangat penting mendahulukan pengkajian mendalam terhadap latar belakang penggagasnya yakni Karl Popper.

Sir Karl Raimund Popper lahir di Vienna 28 Juli 1902. Beliau merupakan salah satu dari filsuf penting abad ke-20. Pengaruhnya dapat terlihat pada banyak disiplin ilmu, dan beliau menulis bermacam-macam subjek secara luas dan kompleks seperti filsafat sains dan matematika, musik, sejarah, psikologi, politik, logika dan epistemologi.⁶ Pendekatannya yang sempurna pada Ilmu pengetahuan sains dan sosial merepresentasikan sebuah kontribusi besar pada epistemologi dan filsafat sains pada abad kedupuluh. Pengaplikasian pendekatannya pada semua aspek penyelidikan manusia, dan cakupan politik, memberikan sebuah hal baru dan pendekatan provokatif

⁶ Phil Parvin, *Major Consevative and Libertarian Thinkers : Karl Popper* (New York : Continuum International, 2010), hal.1

untuk pengetahuan yang bukan saja politik dan sosial , tetapi juga pada aspek kesesuaian Filsafati.⁷

Banyak hal yang bisa membuat siapapun kagum kepada beliau, kepada keberanian beliau dalam melakukan revolusi sistematis. Yakni saat banyak Filsuf, Saintis, Teknisi, maupun Politisi bertahan secara konservatif pada sebuah metode yang dianutnya, beliau malah dengan lantang mengkritiknya untuk meretas jalan barunya, yang dianggapnya lebih ‘terbuka’ pada setiap kemungkinan-kemungkinan yang ada.

Beliau mengawali sikap skeptisnya dengan melakukan penelanjangan besar-besaran pada metode positivisme logis tanpa ragu. Sikap skeptis tersebut sudah sejak lama ada. Bahkan saat beliau masih berada di bangku sekolah.

Popper menggambarkan masa-masa sekolahnya ‘sangatlah membosankan’. Meskipun guru-gurunya sudah melakukan hal yang terbaik, beliau mendapati bahwa pelajarannya itu tidaklah bermakna bahkan ‘setiap jam baginya adalah penyiksaan’ dan sebuah ‘pemborosan waktu’.⁸ Sikap skeptis dan kritis beliau terutama karena pada saat itu beliau menginjak umur tujuhbelas tahun dimana ia hidup di lingkungan komunis, dan dengannya berani menyebut dirinya anti-Marxist.

Seperti apa yang dituliskannya sendiri dalam bukunya *Unended Quest*, yakni beliau berkata, ‘Saya menyadari karakter dogmatik dari sebuah kepercayaan dan itu adalah kesombongan intelektual yang tidak dapat dipercaya’ tulis beliau. ‘itu adalah sebuah pemikiran yang buruk sekali untuk merampas diri sendiri dari manisnya

⁷ Phil Parvin, *Major Conservative and Libertarian Thinkers : Karl Popper*, h.1.

⁸ Phil Parvin, h.5

Kemajuan Pengetahuan yang telah menjadi sebuah kewajiban hidup dari setiap orang dari ketidakkritisman dalam menerima dogma, atau sebuah mimpi akan kekuasaan yang tidak akan pernah terealisasikan. Itu adalah sebagian kecil dari depresi intelektual bagi siapapun yang mampu membacanya dan memikirkannya. Itulah depresi dahsyat untuk kejatuhan pada sebuah jebakan'.⁹

Setiap sikap skeptis beliau tersebut mengawali penjajakan pertamanya pada dunia yang tidak kalah menantang, yakni sains. Setidaknya sejak buku pertamanya diterbitkan, sejak itu pula buah pemikiran skeptisnya mulai terpublikasi, dikenal dan akhirnya banyak mempengaruhi para intelektual, terutama para intelektual muda yang masih tidak terkontaminasi dengan dogma-dogma para pengusung positivisme logis saat itu.

Walaupun saat itu buku yang hendak diterbitkannya itu harus mengalami kesulitan karena tidak bisa terpublikasi secara penuh, namun kengototan beliau akhirnya mampu menyelesaikan kebuntuan itu; beliau menerbitkannya walau dengan susah payah dan sembunyi-sembunyi.

Sisa-sisa buku pertamanya tidak dipublikasikan; dan untuk pertama kalinya publikasi bukunya , *'Logik der Forschung'*¹⁰ tersebut secara kejam mengalami pemotongan dari versi aslinya yang sesungguhnya dua kali lebih panjang. Versi itu

⁹ Phil Parvin, *Major Consevative and Libertarian Thinkers : Karl Popper*, h.7. Lihat juga pada buku karangan Popper *Unended Quest : An Intellectual Authobiography* (London : Routledge, 2002), h. 33.

¹⁰ *Logik der Forschung* adalah judul pertama saat buku Karl Popper tersebut terbit pertama kali pada musim gugur tahun 1934, tertanggal 1935, Sebelum akhirnya diterjemahkan ke bahasa inggris *The Logic of Scienctific Discovery* untuk diterbitkan.

berisi hal yang saat ini menjadi argumen yang umum diterima, yang berlawanan dengan positivisme logis.¹¹

Argumen umum yang kemudian sesuai dengan apa yang beliau sebutkan sendiri sebagai, Metode *Falsifikasi*. Metode Falsifikasi itu secara terang-terangan berani memperlihatkan secara gamblang berbagai kesalahan yang mungkin dihasilkan dari penggunaan metode Verifikasi yang diagung-agungkan para penganut Positivisme Logis tersebut.

Dalam perkembangannya orang-orang yang mengembangkan metode Falsifikasi sendiri sering disebut sebagai para penganut *Rasionalisme Kritis*.

C. Verifikasi Dogmatis Penganut Positivisme Logis

Pada bagian ini akan lebih baik jika terlebih dahulu meninjau kajian mengenai lawan dari metode Falsifikasi, yakni metode Verifikasi beserta setiap anomali yang kemudian menjadi pertimbangan yang dianggap tidak lagi sesuai atau sejalan dengan prinsip-prinsip saintifikasi bagi Popper.

Pelacakan metode Verifikasi tidaklah begitu sulit. Sebagaimana metode-metode lain yang sebelumnya telah mendahului, seperti Metode Rasionalisme Rene Descartes, Metode Empirisme Francis Bacon, Metode Idealisme Kant, hingga yang sekarang akan dibahas lebih jauh yakni Metode Verifikasi Auguste Comte, atau yang penganutnya dikenal dengan Positivisme Logis.

¹¹ Bryan Magee, *Popper* (Milton Park : Frank Cass, 1974), h.11.

Pada tahun-tahun 1920-1930, kalangan positivisme logis (*logical postivism*) yang biasanya dikenal dengan ‘*Lingkaran Wina*’ (Moritz Schlick dan Rudolf Carnap) Mengemukakan bahwa dalam teori-teori baru dalam ilmu pengetahuan alam (*Natural Sciences*) haruslah ditetapkan melalui ‘verivikasi’.¹² Para pemikir positivisme logis berpendapat bahwa tugas terpenting dari filsafat adalah untuk merumuskan semacam kriteria penentuan untuk membedakan antara pernyataan yang bermakna dan pernyataan tidak bermakna.¹³

Lingkaran Wina, yang didirikan oleh Schlick adalah salah satu Perkumpulan akademisi yang paling terpenting selama perang eropa berlangsung. Anggota tetap dari perkumpulan ini-yang terdiri dari pemikir-pemikir ulung dari berbagai cabang filsafat, logika, matematika, ilmu pengetahuan sosial, dan ilmu pengetahuan alam serta ilmu pengetahuan terapan, mencakup diantaranya yang paling terkenal seperti Rudolph Carnap, Otto Neurath, Hans Hahn, Kurt Godel, Friederich Waissman, dan Herbert Feigl.¹⁴

Popper bukanlah salah satu penganut Positivisme Logis, dan bukan pula seorang anggota dari Lingkaran Wina seperti banyak orang meyakini. Malahan, dia justru sering menolak dirinya dikatakan bagian dari Perkumpulan itu. Popper menolak keyakinan dari para penganut Positivisme Logis karena mereka bermaksud untuk

¹² Zinal Abidin Bagir, *Integrasi Ilmu dan Agama : Interpretasi dan Aksi* (Bandung : Mizan Media Utama, 2005), h.53

¹³ Reza Wattimena, *Filsafat dan Sains : Sebuah Pengantar* (Jakarta : Grasindo, 2008), h.180.

¹⁴ Phil Parvin, *Major Consevative and Libertarian Thinkers : Karl Popper*, h.16.

menghapus metafisika, kesenian, etika, dan berbagai aliran dari filsafat seperti maksud dan keberlebih-lebihannya.

Para penganut Positivisme logis memberi batasan (*demarcation*) antara alam fisik dan alam metafisik, serta berusaha membuangnya serta mencapnya sebagai sesuatu yang tidak berguna. Tetapi Popper melakukan kritik tajam atas semua itu, terutama karena dia merasa bahwa banyak dari inovasi pencarian ilmu pengetahuan dalam sejarahnya justru dimulai dari pernyataan-pernyataan metafisik. '*Scientific research,*' katanya, '*is probably impossible without... "metaphysical"*'.¹⁵

Di Tahun 1925 kota Wina mendirikan Institut Pedagogis, sebuah institusi swasta yang terhubung langsung dengan setiap Universitas, dimaksudkan untuk memberi harapan perbaikan pada sistem pendidikan. Popper adalah salah satu dari beberapa orang yang berada di Institusi itu. Dia menguraikan, tahun-tahunnya disana diabdikan untuk belajar, membaca, mengajar dan menulis, walaupun setiap tulisannya tidak dipublikasikan.¹⁶

Pada akhir abad 19, setidaknya ada dua kecenderungan besar di dalam filsafat ilmu pengetahuan. Pertama, dunia dianggap bergerak secara mekanis, dan ilmu pengetahuan merusmuskan suatu teori tentang bagaimana dunia yang mekanis itu bekerja. Yang kedua, semua bentuk pengetahuan dianggap didapatkan dari pencerapan indrawi, dan tugas ilmu pengetahuan adalah mensistemasi apa yang ditangkap oleh indera tersebut. Kita tidak pernah dapat mengetahui benda-benda yang tidak dapat

¹⁵ Phil Parvin, *Major Conserveative and Libertarian Thinkers : Karl Popper*, h.16.

¹⁶ Phil Parvin, h.10.

dialamai secara indrawi. Para pemikir positivisme logis berpendapat bahwa pernyataan yang memadai adalah pernyataan yang dapat langsung diverifikasi. Maka, semua hal sangat bergantung pada pengalaman indrawi. Semua unsur teoritis haruslah berkorespondensi dengan realitas di luar yang diamati.¹⁷ Menjadi jelas bahwa metode verifikasi mengharapkan adanya pembenaran-pembenaran, kesesuaian-kesesuaian, pembuktian-pembuktian yang diharapkan dapat bersesuaian dengan fakta-fakta empiris pada seriap pembangunan sebuah teori.

Bagi para penganut Positivisme logis, jika suatu pernyataan tidak dapat diverifikasi, maka pernyataan itu dianggap tidaklah memadai, dan tidak berguna. Mereka dalam hal ini, memusatkan refleksi pemikiran mereka pada problematika bahasa. Akan tetapi, bagi ilmu pengetahuan, terutama ilmu-ilmu alam, pemikiran mereka dapat menjadi pembenaran-pembenaran bagi dominasi ilmu-ilmu alam dalam ilmu pengetahuan pada awal abad ke-20. Intinya, proses induksi, dimana pernyataan umum dirumuskan setelah diverifikasi oleh bukti-bukti experimental, adalah metode yang benar dan satu-satunya metode yang pantas digunakan di dalam ilmu pengetahuan.¹⁸

Walaupun manfaat penggunaan metode verifikasi dominan di dalam perjalanan filsafat ilmu pengetahuan, tetapi realitas aktual praktek ilmu pengetahuan sendiri, terutama didalam teori-teori praktisnya, justru terkesan tidak sepenuhnya sejalan dengan pengarahannya menuju pencapaian sains terbaru (*new sains*). Bahkan, refleksi

¹⁷ Phil Parvin, *Major Conservative and Libertarian Thinkers : Karl Popper*, h.181.

¹⁸ Reza Wattimena, *Filsafat dan Sains : Sebuah Pengantar*, h.181.

filasafat ilmu pengetahuan tentang teori-teori saintifik dan perkembangannya menjadi suatu reaksi kritis terhadap penggunaan metode verifikasi tersebut.

Karl Popper, dengan teorinya, sangat bersikap kritis terhadap tesis-tesis dasar positivisme logis, serta menunjukkan pentingnya peran proses falsifikasi didalam perumusan dan perubahan suatu teori.¹⁹

Seperti yang dikatakan Karl Popper bahwa “*bagaimanapun ‘semua ilmu’ bisa keliru- ‘saya masih tetap berpendapat bahwa sebuah prinsip induksi (metode verifikasi) itu mubazir, dan pasti mengakibatkan inkonsistensi-inkonsistensi logis’*. Bahwa inkonsistensi-inkonsistensi bisa muncul dengan mudah berkenaan dengan prinsip induksi seharusnya sudah jelas dalam karya Hume”. Ditegaskannya lagi “pandangan saya sendiri ialah bahwa beragam kesulitan logika induktif yang disketsakan di sini tak dapat diatasi. Demikian juga, saya menakutkan, kesulitan-kesulitan itu melekat di dalam doktrin yang begitu marak sekarang ini, bahwa penyimpulan induktif, walaupun tidak ‘sahih secara ketat’, *hanya dapat mencapai derajat ‘reliabilitas’ tertentu atau derajat ‘probabilitas’*”.²⁰

D. Metode Falsifikasi dan Pemenuhan Kriteria Demarkasi

Ada banyak defenisi yang coba dilekatkan pada tinjauan kepustakaan yang secara rinci membahas tentang metode falsifikasi. Namun akan lebih bijak jika defenisinya justru dimunculkan langsung dari penggagasnya, Karl Popper. Walaupun

¹⁹ Reza Wattimena, *Filsafat dan Sains : Sebuah Pengantar*, h.182.

²⁰ Karl Raimund Popper, *Logika Penemuan Ilmiah*, h.6.

Karl Popper sendiri tidak secara jelas menerangkan baik secara definitif maupun esensial pengertian tentang Metode Falsifikasi. Tetapi, melalui aturan-aturan metodologisnya, kita sudah dapat menarik gambaran umumnya secara langsung.

Seperti yang diterangkan sendiri oleh beliau bahwa selain penggunaan *modus ponens*, ada setidaknya dua contoh sederhana aturan-aturan metodologis yang dapat diberikan. Ini akan memadai untuk memperlihatkan bahwa tidak cocoklah menempatkan penelitian atas metode pada level yang sama dengan penelitian logis murni.

1. Permainan ilmu, pada prinsipnya, tanpa akhir. Orang yang memutuskan bahwa pada suatu ketika pernyataan-pernyataan ilmiah tidak memerlukan pengujian lebih lanjut, dan tidak dapat dianggap diverifikasi secara tuntas, berarti ia telah mengundurkan diri dari permainan itu.
2. Sekali sebuah hipotesis telah diajukan dan diuji, dan telah membuktikan keberaniannya (*mettle*), ia tidak boleh dibiarkan mengundurkan diri tanpa alasan yang tepat. Sebuah ‘alasan yang sehat’ mungkin, misalnya: penggantian hipotesis itu dengan hipotesis lain yang dapat diuji dengan lebih baik; atau falsifikasi dari salah satu akibat hipotesis itu.

Kedua hal ini secara kasarnya menunjukkan seperti apa aturan-aturan metodologis itu. Yang jelas aturan-aturan tersebut sangat berbeda dari aturan-aturan yang biasanya yang disebut ‘logis’.²¹

²¹ Karl R. Popper, *Logika Penemuan Ilmiah*, h.40.

Popper dalam bukunya yang berjudul *The Logic of Scientific Discovery*, berpendapat bahwa kita tidak dapat membuktikan bahwa suatu teori ilmu pengetahuan itu benar hanya dengan menambahkan bukti-bukti empiris yang baru. Sebaliknya, jika suatu bukti telah berhasil menunjukkan kesalahan suatu teori, hal itu sudahlah cukup untuk menunjukkan bahwa teori tersebut tidak tepat. Kemudian, ia menunjukkan bahwa suatu teori ilmiah tidak dapat selalu cocok dengan bukti-bukti yang ada. Bahkan, jika suatu teori mau dianggap sebagai teori ilmiah, teori tersebut justru haruslah dapat difalsifikasi.²²

*Konsekuensinya, tujuan utama dari ilmu pengetahuan adalah menghasilkan teori-teori yang memiliki informasi tinggi dan tidak bersifat mutlak, tetapi memiliki tingkat kebenaran tertentu yang masih terus dapat diperbaharui dan diuji.*²³

Jalannya sebuah teori menuju tempat pengujian, atau dapat dianalogikan sebagai ruang penghakiman melalui beberapa tahapan panjang. Layaknya teori evolusi Darwin yang berlaku pada makhluk hidup, begitulah pula yang berlaku pada teori-teori dalam sains. Tahapan yang berlaku dimulai dari pengajuan sebuah Konjektur atau Hipotesis. Kemudian melewati tahapan evolusinya yang panjang yang pada akhirnya memunculkan teori-teori yang akan diterima secara Universal, namun tetap ‘terbuka’ terhadap benturan pengujian selanjutnya.

Jika kemudian nantinya ditemukan satu saja anomali atau inkonsistensi pada teori tersebut, maka akan terjadi sebuah perbaharuan lanjutan. Sebuah perombakan

²² Reza Wattimena, *Filsafat dan Sains : Sebuah Pengantar*, h.183.

²³ Reza Wattimena, h.185.

bertahap, perubahan besar-besaran, ataupun perubahan massal terhadap teori atau apa saja yang berkaitan dengan teori tersebut. Ini memungkinkan untuk sebuah evolusi panjang diakhiri oleh sebuah revolusi sekejap yang muncul karena kesadaran akan adanya hal yang tidak sesuai lagi. Seiring dengan perjalanannya tersebut, tahap evolusi seperti yang disebutkan tadi diisi dengan membenaran-pembenaran (Verifikasi) sehingga sering juga disebut sebagai tahapan induksi logis. Sedangkan tahap revolusi yang salah satunya dicapai dari jalan pencarian sebuah fakta yang tidak bersesuaian (Falsifikasi), Karl Popper menyebutnya sebagai tahapan ‘deduksi logis’

Karl Popper sendiri memberikan penjelasannya tentang tahap-tahap awal dari kemunculan suatu teori dengan jalan Falsifikasi secara rinci. Yakni, Dari sebuah ide baru yang diajukan sementara, dan belum dibenarkan dengan cara apapun-suatu antisipasi, sebuah hipotesis, sebuah sistem teoritis, atau apapun yang diinginkan-kesimpulan-kesimpulan ditarik dengan cara deduksi logis. Kesimpulan-kesimpulan ini kemudian dibandingkan satu-sama lain dan bersama pernyataan-pernyataan lain yang terkait, sehingga ditemukan relasi-relasi logis apa (seperti ekuivalensi, derivabilitas, kompatibilitas, atau inkompatibilitas) yang ada di antara pernyataan-pernyataan tersebut.²⁴

Jika suka, penulis dapat membedakan empat jalur yang berbeda yang dapat ditempuh bagi pengujian sebuah teori. Pertama perbandingan logis kesimpulan-kesimpulan diantara mereka, dengan inilah konsistensi internal sistem itu diuji. Kedua, penyelidikan pada bentuk logis teori itu, dengan maksud untuk menentukan apakah ia

²⁴ Karl R. Popper, *Logika Penemuan Ilmiah*, h.11.

mempunyai ciri teori empiris atau ilmiah, atau apakah ia, misalnya, bersifat tautologis. Ketiga, perbandingan dengan teori yang akan membentuk suatu kemajuan ilmiah harus bertahan menghadapi beraneka macam pengujian. Dan akhirnya, pengujian teori melalui penerapan empiris kesimpulan-kesimpulan yang dapat diperoleh darinya.²⁵

Tujuan jenis pengujian yang terakhir ini adalah untuk mengetahui seberapa jauh berbagai konsekuensi-konsiderans baru teori itu- tak peduli hal baru apa pun yang mungkin dinyatakan- bertahan terhadap tuntutan-tuntutan praktis, entah yang dimunculkan oleh eksperimen-eksperimen belaka, ataupun oleh penerapan-penerapan teknologi praktis.²⁶

Teori selalu dipaparkan bersamaan dengan informasi yang mendetail tentang proses eksperimen dan metode yang digunakan, sehingga teori tersebut dapat dirumuskan. Tugas bagi mereka yang hendak menguji teori tersebut adalah mencari kembali kesesuaian eksperimen yang telah dilakukan, dan melihat apakah mereka mencapai hasil yang sama atau tidak.²⁷ Jika putusan bersifat positif, yaitu, jika kesimpulan-kesimpulan tunggalnya ternyata dapat diterima (*acceptable*) atau terbukti (*verified*), maka teori itu, untuk sementara waktu, telah lolos dari ujiannya; kita tidak menemukan alasan untuk membuangnya. Tetapi jika putusan itu negatif, atau dengan kata lain, jika kesimpulan-kesimpulan itu telah terbukti kesalahannya (*falsified*), maka falsifikasinya juga menfalsifikasi teori yang dari sana ia disimpulkan secara logis.²⁸

²⁵ Karl R. Popper, *Logika Penemuan Ilmiah*, h.11.

²⁶ Karl R. Popper, h.11.

²⁷ Reza Wattimena, *Filsafat dan Sains : Sebuah Pengantar*, h.186.

²⁸ Karl R. Popper, h.12.

Harus diperhatikan, suatu putusan positif hanya dapat mendukung teori itu untuk sementara waktu, karena putusan-putusan negatif berikutnya selalu mungkin menjatuhkannya. Selama sebuah teori mampu bertahan menghadapi ujian-ujian yang terperinci dan keras, dan ia tidak tergantikan oleh teori lain dalam perjalanan gerak maju ilmiah, kita dapat mengatakan bahwa ia telah ‘membuktikan keberaniannya’ (*mattle*), atau ia telah ‘dikoroborasikan’ (dikuatkan).²⁹

Suatu teori yang telah difalsifikasi hanya dapat dianggap tidak lagi memadai jika sudah ada teori baru yang lebih memadai dan siap menggantikan teori yang ada sebelumnya. Dengan kata lain, jika ada suatu teori yang dapat menjelaskan apa yang telah dapat dijelaskan teori sebelumnya dan bahkan mampu menjelaskan lebih jauh ke ruang-ruang dimana teori sebelumnya tidak dapat menjelaskannya, teori baru inilah yang digunakan.³⁰ Popper menyimpulkan, bahwa masalah teori apapun yang dihasilkan dari sistem induktifikasi tidak pernah dapat menjadi ilmu pengetahuan yang dapat dibuktikan- tetapi hanya bisa di falsifikasi. Seperti pernyataan ‘semua angsa berwarna putih’ tidak dapat dibuktikan bahkan dengan penemuan seratus, seribu, atau beberapapun banyaknya angsa putih, tapi itu justru dapat terjadi dengan jelas pada falsifikasi saat kita menemukan seekor saja angsa berwarna hitam.³¹

²⁹ Karl R. Popper, *Logika Penemuan Ilmiah*, h.12.

³⁰ Reza Wattimena, *Filsafat dan Sains : Sebuah Pengantar*, h.186.

³¹ Phil Parvin, *Major Consevative and Libertarian Thinkers : Karl Popper*, h.37.

E. Evolusi Paradigma menuju Revolusi Sains

Sebelumnya kita sudah menyelam jauh kedalam tubuh atau ruh metode falsifikasi. Sebuah metode yang secara kritis membungkam dan menelanjangi metode yang sebelumnya telah eksis lebih dahulu. Metode yang kemudian tumbuh berkembang hingga saat ini, dan akhirnya banyak memberikan pengaruh terhadap perkembangan berkelanjutan dari berbagai disiplin ilmu, termasuk sains. Persoalan sains yang begitu kompleks baik dari segi metode, maupun teori-teori yang dilahirkannya tidak lepas dari tahapan evolusi dan revolusi sains berkelanjutan. Jika permasalahan yang dihadapi bersifat normal, maka penggunaan metode yang konvensional sangatlah mungkin untuk digunakan. Gambaran yang diperoleh dari persoalan tersebut yakni jika suatu kajian sains sudah mencapai tataran yang lebih tinggi, maka tentu metode konvensional akan sulit untuk memecahkannya. Sehingga dibutuhkan sebuah metode yang lebih baik.

Jika sains itu konstelasi fakta, teori dan metode yang dihimpun dalam buku-buku teks yang ada sekarang, maka para ilmuwan adalah orang-orang yang, berhasil atau tidak, berusaha untuk menyumbangkan suatu unsur kedalam konstelasi tertentu. Perkembangan sains menjadi proses sedikit demi sedikit yang menambahkan item-item ini, satu per satu atau dalam bentuk gabungan, kepada timbunan yang semakin membesar yang membentuk teknik dan pengetahuan sains.³²

³² Thomas Samuel Kuhn, *The Structure of Scientific Revolution : Peran paradigma dalam revolusi sains* (Cet.VI, Bandung : Remaja Rosdakarya), h.1.

Adakalanya suatu masalah yang normal, yaitu yang sepatutnya dapat dipecahkan dengan kaidah-kaidah dan prosedur-prosedur yang sudah dikenal, bertahan terhadap serangan yang berulang kali dari anggota-anggota yang paling berwenang dari kelompok yang kewenangannya meliputi masalah tersebut. Pada peristiwa lain, sebuah perlengkapan yang dirancang dan disusun untuk keperluan riset yang normal tidak mampu melaksanakan cara yang diharapkannya, menyingkapi anomali yang tidak dapat diselaraskan dengan pengharapan profesional meskipun diusahakan berulang kali. Dengan cara ini dan dengan cara-cara lain disampingnya, berkali-kali riset yang normal tersesat dari tujuannya. Dan bila hal ini terjadi-yakni jika profesi itu tidak mampu lagi menghindari anomali-anomali yang meruntuhkan tradisi praktek ilmiah yang berlaku, maka dimulailah penyelidikan-penyelidikan istimewa yang akhirnya membimbing profesi itu kepada perangkat komitmen yang baru, landasan baru bagi praktek sains. Episode istimewa ini, yang didalamnya terjadi perubahan komitmen-komitmen profesional, ialah yang dalam esai ini dikenal sebagai revolusi sains. Revolusi ini merupakan pelengkap yang menghancurkan tradisi bagi kegiatan sains normal yang terikat (berkomitmen) pada tradisi.³³

‘Sains yang Normal’ berarti riset yang dengan teguh berdasar atas satu atau lebih pencapaian ilmiah yang lalu, pencapaian yang oleh masyarakat ilmiah tertentu pada suatu ketika dinyatakan sebagai pemberi fondasi pada praktek selanjutnya.³⁴

³³ Thomas Samuel Kuhn, *The Structure of Scientific Revolution : Peran paradigma dalam revolusi sains*, h.6-7.

³⁴ Thomas Samuel Kuhn, h.10.

Pencapaian yang turut memiliki kedua karakteristik ini selanjutnya akan disebut “Paradigma”, istilah yang erat kaitannya dengan “sains yang normal”.³⁵

Transisi yang berurutan dari paradigma yang satu ke paradigma yang lain melalui revolusi adalah pola perkembangan yang biasa bagi sains yang matang.³⁶ Pergantian paradigma semacam itu terjadi, ketika komunitas ilmiah merasa perlu memeriksa kembali pengandaian-pengandaian yang sudah mereka terima selama ini. Pada akhir abad ke-19, hampir tidak ada satu ilmuwan pun yang mengira, bahwa ilmu pengetahuan akan sama sekali berubah pada awal abad ke-20. Memang, paradigma Newtonian, sampai abad ke-19, sangatlah masuk akal, dan dianggap sangat memadai. Tentu saja, hal itu masih dianggap benar sampai Einstein merumuskan teori relativitasnya.³⁷

Sekurang-kurangnya selama dua ratus tahun selama Newton, Ilmuwan Barat memandang bahwa sains baru itu adalah pengetahuan yang pasti, objektif dan dapat diandalkan. Begitu suatu kenyataan atau hukum ilmiah yang baru ditemukan, hal itu tidak mungkin diubah lagi. Kepastian ini diyakini sebagai ciri khas sains. Setidaknya pengetahuan ilmiah adalah pengetahuan yang paling dapat diandalkan diantara pengetahuan yang dimiliki manusia dan dapat dianggap sebagai kebenaran yang tidak mungkin dikoreksi. Ilmu pengetahuan berkembang melalui cara menambahkan

³⁵ Thomas Samuel Kuhn, *The Structure of Scientific Revolution : Peran paradigma dalam revolusi sains*, h.10. Dengan istilah paradigma ini, Kuhn bermaksud mengemukakan bahwa beberapa contoh praktek ilmiah nyata yang diterima, contoh-contoh yang bersama-sama mencakup dalil, teori, penerapan, dan instrumentasi, menyajikan model-model yang daripadanya lahir tradisi-tradisi padu tertentu dari riset ilmiah

³⁶ Thomas Samuel Kuhn, h.12.

³⁷ Reza Wattimena, *Filsafat dan Sains : Sebuah Pengantar*, h.188.

kepastian-kepastian yang baru ditemukan ke dalam khazanah kepastian yang sudah ada dan selalu bertambah, seperti peti harta karun yang isinya selalu bertambah dari waktu ke waktu; apa yang sudah ada di sana selamanya tetap ada.³⁸

Namun bayangkan, selama beratus-ratus tahun, bahkan selama beberapa ribu tahun kuda merupakan alat transportasi paling cepat. Tetapi dalam satu generasi manusia modern berhasil berpindah dari pesawat baling-baling ke pesawat jet.³⁹

*Dibutuhkan suatu lompatan yang penuh keberanian, jika seorang ilmuwan hendak mengganti paradigma yang telah dipakai sebelumnya.*⁴⁰

Penemuan diawali dengan kesadaran akan anomali, yakni dengan pengakuan bahwa alam, dengan suatu cara, telah melanggar pengharapan- yang didorong oleh paradigma yang menguasai sains normal. Kemudian ia berlanjut dengan eksplorasi yang sedikit banyak diperluas pada wilayah anomali ini. Dan ia hanya berakhir jika teori paradigma itu telah disesuaikan sehingga yang menyimpan itu menjadi yang diharapkan. Pengamisilasian suatu fakta jenis baru menuntut lebih dari penyusaian tambahan pada teori, dan sebelum penyesuaian itu selesai, sebelum ilmuwan itu tahu bagaimana melihat alam dengan cara yang berbeda, fakta yang baru itu sama sekali

³⁸ Bryan Magee, *The Story of Philosophy : Kisah tentang Filsafat* (Cet.V, Yogyakarta : Kanisius, 2012), h.220.

³⁹ M.T Zen, *Sains, Teknologi dan Hari Depan Manusia*, h.6. Tak dapat dipungkiri bahwa perubahan secara besar-besaran yang bermanfaat, selalu berlaku bagi sains yang lebih mampu menerima perubahan tersebut dengan terbuka. Setidaknya kita juga sudah tahu bahwa tidak hanya dari revolusi kuda ke pesawat jet. Bahkan di Perang Dunia Ke-II Wemherr von Braun menembakkan roket V-2-nya dari daratan eropa ke pantai Inggris, dan sebelum dasawarsa 60-an berakhir ia telah meluncurkan roket *Saturn* untuk mengorbitkan pesawat antariksa *Apollo* yang membawa manusia ke bulan.

⁴⁰ M.T Zen, h.189.

bukan fakta ilmiah.⁴¹ Kesadaran akan anomali itu membuka periode ketika kategori-kategori konseptual disesuaikan sehingga yang semula beranomali menjadi yang diantisipasi. Pada saat ini penemuan telah selesai.⁴²

Dalam perkembangan sains mana pun, paradigma yang pertama diterima biasanya dirasakan untuk menerangkan dengan sangat berhasil kebanyakan pengamatan dan eksperimen yang mudah dijangkau oleh para pemrakter sains. Oleh sebab itu, perkembangan selanjutnya biasanya memerlukan pembuatan perlengkapan yang rumit, perkembangan perbendaharaan kata dan keterampilan yang esoterik, dan perbaikan konsep-konsep yang semakin berkurang kemiripannya dengan prototipe akal sehat mereka yang biasa. Di pihak lain profesionalisasi itu menuju kepada pembatasan yang keras atas pandangan ilmuwan dan kepada perlawanan yang kuat terhadap perubahan paradigma. Sains itu menjadi semakin kaku.⁴³

Penghancuran paradigma secara besar-besaran dan perubahan-perubahan besar dalam masalah-masalah dan teknik-teknik sains yang normal, munculnya teori-teori itu pada umumnya didahului oleh periode ketidakpastian yang sangat tampak pada profesi. Seperti yang bisa diduga, ketidakpastian itu ditimbulkan oleh selalu gagalnya teka-teki sains yang normal memberi jawaban seperti apa yang diharapkan.⁴⁴

⁴¹ Thomas Samuel Kuhn, *The Structure of Scientific Revolution : Peran paradigma dalam revolusi sains*, h.53.

⁴² Thomas Samuel Kuhn, h.63. Tanpa peralatan khusus (metode) yang dibuat terutama untuk fungsi-fungsi yang diantisipasi, hasil yang akhirnya menuju kepada hal-hal baru tidak akan tercapai.

⁴³ Thomas Samuel Kuhn, h.63.

⁴⁴ Thomas Samuel Kuhn, h.67. Kegagalan teori-teori yang ada merupakan pendahuluan bagi pencarian teori-teori yang baru.

F. Titik Historiologi Nilai π menuju Era Digital

Tinjauan kepustakaan ini akan menyentuh bagian yang paling esensial dari subjek penelitian, dan akan jauh lebih kompleks lagi untuk setiap pembahasan selanjutnya yang akan dikaji. Diawali dengan tinjauan historisnya, hingga kepada tinjauan kritisnya yang hendak akan difalsifikasikan nantinya. Pi (π), angka misterius dan unik yang menjadi salah satu objek kajian penting dalam beberapa dekade sebelumnya. Kontroversi yang ditimbulkan, sangat menarik untuk dibahas lebih jauh.

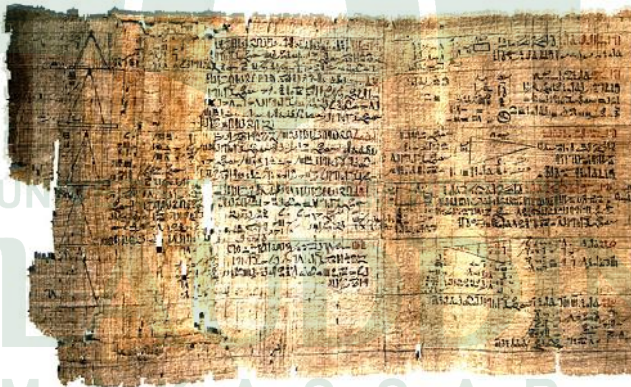
Apa yang banyak orang sebut sebagai π seringkali dipakai dalam disiplin ilmu matematika. Sebagai salah satu hal yang lahir dari pemikiran, ketika disebutkan dalam mempelajari matematika selama kita sekolah bertahun-tahun, banyak hal yang berkaitan tentang π . Kita pada umumnya ingat banyak rumus-rumus yang terkait dengan π , seperti $2\pi r$ atau πr^2 .⁴⁵ Simbol π adalah huruf ke 16 dari Huruf-huruf Yunani, hingga saat ini masih populer karena sering digunakan sebagai tanda dalam matematika. Dalam bahasa Ibrani dan Yunani Kuno, tidak ada satupun simbol-simbol angka. Sebab, huruf-huruf dari masing-masing alfabet justru sekaligus digunakan sebagai simbol-simbol angka. Untuk angka Yunani kuno, simbol π digunakan untuk perepresentasikan angka 80.⁴⁶ Permasalahan simbolisasi ini tidak akan berpengaruh jauh. Jadi selanjutnya fokus utama terkait dengan sejarah π akan berkaitan langsung dengan Nilai π (*Value of π*).

⁴⁵ Alfred S. Posamentier, *Pi (π): A Biography of The World's Most Mysterious Number* (Cet.V, New York : Prometheus Books, 2008) h.13.

⁴⁶ Alfred S. Posamentier, h.16.

Angka π adalah satu dari beberapa subjek penelitian tertua umat manusia dan mungkin salah satu topik matematika yang menjadi objek penelitian terlama. Orang-orang mengaitkan kesemuanya dengan π hingga ribuan tahun. Misalnya, dimulai pada tahun 2000 SM, Bangsa Babilonia dan Mesir menyelidiki perkiraan nilai π yang selisihnya kurang dari 0.02 dari nilai sebenarnya.⁴⁷

Dalam perjalanan awal (Tahun 2000 SM) nilai π , Bangsa Babilonia memperkirakan nilainya yakni $3\frac{1}{8} = 3,125$. Dimana diwaktu yang sama atau lebih awal, menurut dokumen Mesir kuno (*Rhind Papyrus*), Bangsa Mesir diasumsikan sebagai sebuah Lingkaran setara dengan diameter yang dibagi sembilan dan memiliki area yang sama dalam sebuah persegi berasumsikan sisi delapan, hal ini memperlihatkan $\pi = \frac{256}{81} = 3,1604\dots$ ⁴⁸



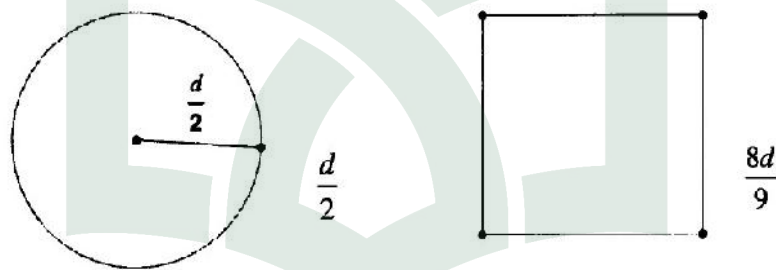
Gambar 1. Rhind Papyrus yang Sekarang berada di Museum Inggris (1800-1650 SM)

⁴⁷ Jorg Arndt, *π Unleashed*, h.6.

⁴⁸ David H. Bailey, *The Quest For Pi (π)*, 1996.h.2. Kutipan tersebut terdapat didalam essai singkat Bailey yang ditulisnya bersama Borwein Bersaudara dan Simon Plouffe, serta dipublikasikan pada 25 Juni 1996. Sebagai salah seorang bagian penting dari perjalanan sejarah pengkalkulasian nilai Pi (π), beliau berhasil menkomputasikan hingga 29.360.111 digit nilai π pada bulan Januari 1986. Dokumen yang sama dapat juga diperoleh dengan mengakses alamat Url-nya yakni <http://www.docserver.carma.newcastle.edu.au>.

Pada dokumen Mesir yang ditemukan pada tahun 1855, didapati sebuah aturan kumpulasi yang disebut ‘*one-ninth rule*’; yakni jika d adalah diameter dari sebuah lingkaran, maka dengan menggunakan *one-ninth* untuk d dari d diperoleh sisi yang sama dengan sebuah persegi. Hal ini dapat dituliskan yakni, $\pi \frac{d^2}{4} = (\frac{8d}{9})^2$, sehingga diperoleh $\pi = (\frac{16}{9})^2 = \frac{256}{81} = 3,1604\dots$ Besar galatnya (error) kurang dari (2×10^{-2}) .⁴⁹

Kita akan memulai dengan sebuah lingkaran dengan diameter d . Berdasarkan syarat, sisi dari persegi diketahui $\frac{8d}{9}$.



Kita tahu dari pengetahuan saat ini mengenai lingkaran bahwa Luas dari lingkaran adalah πr^2 , sehingga dapat diperoleh :

$$\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 = \pi \left(\frac{d^2}{4}\right)$$

Dan luas dari persegi adalah

$$\left(\frac{8d}{9}\right)^2 = \left(\frac{64d^2}{81}\right)$$

⁴⁹ Pierre Eymard, *The Number π* (Cet.X, Amerika : AMS , 2010), h.1. Buku ini adalah hasil terjemahan dari edisi aslinya yang diterbitkan di Paris Francis dengan judul asli *de nombre π* , diterjemahkan oleh Stephen S. Wilson.

Sejak itu Ahmes berasumsi bahwa nilai keduanya sama, sehingga kita dapat memperoleh rumusan :

$$\pi \left(\frac{d^2}{4} \right) = \left(\frac{64}{81} \right)$$

$$\frac{\pi}{4} = \frac{64}{81}$$

Jadi,

$$\pi = \frac{256}{81} = 3,160493827160493827160493827$$

Ini adalah sebuah nilai perkiraan yang tidak berlaku lagi dari nilai π seperti yang kita ketahui dalam metode jaman modern ini.⁵⁰

Pengkalkulasian lainnya dizaman kuno adalah perkiraan bahwa nilai π adalah 3, keterangan itu dinyatakan oleh Perjanjian Lama (I Raja-raja 7:23) yang berbunyi : ‘Kemudian dibuatnyalah “laut” tuangan yang sepuluh hasta dari tepi ke tepi bundar keliling, lima hasta tingginya dan yang dapat dililit berkeliling oleh tali yang tiga puluh hasta panjangnya’.⁵¹

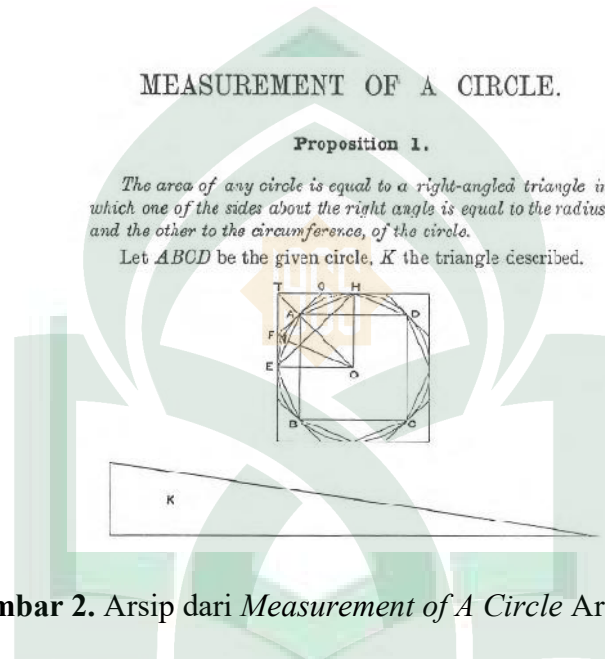
Pengkalkulasian matematis pertama yang lebih teliti mengenai nilai π dilakukan oleh Arcimedes dari Syracuse (250 SM), yang menggunakan geometri berdasarkan tulisan dan aturan polygon dan memperoleh nilai batas $3\frac{10}{71} < \pi < 3\frac{1}{7}$ atau dapat juga dituliskan $3,1408... < \pi < 3,1428....$ ⁵²

⁵⁰ Alfred S. Posamentier, *Pi (π): A Biography of The World's Most Mysterious Number*, h.44.

⁵¹ David H. Baley, *The Quest For Pi (π)*, h.2. Dalam Alkitab, atau perjanjian lama pernyataan yang sama dapat dilihat pada II Tawarikh 4:2. Lingkaran yang digambarkan disini mengatakan bahwa saat keliling lingkarannya adalah 30 kubik dan diameternya adalah 10 kubik, akan diperoleh $\pi = \frac{30}{10} = 3$.

⁵² David H. Baley, h.2.

Dalam tulisan singkatnya *Measurement of Circle*, dia memperlihatkan nilai konstan yang unik dari π , misalkan diketahui luas \mathcal{A} dan keliling \mathcal{L} dari sebuah lingkaran ditetapkan memiliki Radius R maka akan dapat diperoleh $\mathcal{A} = \pi R^2$ dan $\mathcal{L} = 2\pi R$.



Gambar 2. Arsip dari *Measurement of A Circle* Archimedes.

Tidak ada satupun yang bisa menyangkal metode Arcimedes sepanjang abad, walaupun beberapa orang mencoba menggunakan metode umum ini untuk memperoleh perkiraan yang lebih akurat. Seperti halnya, yang dituliskan oleh Astronom Ptolomeus dalam bukunya *Almagest*, yang tinggal di Alexandria tahun 150M. Dia menggunakan sistem sexagesimal untuk mendapatkan

$$\pi = 3 + \frac{8}{60} + \frac{30}{60^2} = 3 \frac{17}{120} = 3.1416666...^{53}$$

Pada abad ke-5 seorang matematikawan Cina, Tsu Chung Chih (429-500M) menggunakan sebuah variasi dari metode Arcimedes untuk mengkomputasikan nilai π

⁵³ Alfred S. Posamentier, *Pi (π): A Biography of The World's Most Mysterious Number*, h.60. Ini adalah pengkalkulasian nilai Pi (π) yang lebih akurat setelah Archimedes.

dan mendapati nilai $\pi = \frac{355}{113} = 3.145929203539823008849557522123893805309734513274336283185.....$, namun nilai yang benar hanya 7 digit pertama saja.⁵⁴

Nilai yang sama tidak ditemukan di Eropa Hingga abad ke-15.⁵⁵ Banyak ilmuwan lainnya yang mencoba diantaranya Aryabhata, Brahmagupta, Al-Khawarizmi, Fibonacci, Al Kashi, dan beberapa lainnya namun nilai yang diperoleh hanya memiliki tingkat keakuratan yang sangat kecil, sampai memasuki abad ke-15 dimana geliat ilmu pengetahuan di Eropa mulai berkembang. Yakni sepanjang masa Renaisains, dimana salah satu pokok pengkajiannya ialah mengenai masalah keakuratan nilai π ini. Beriringan dengan hal itulah maka didapatkan penambahan digit yang lebih akurat.

Seorang matematikawan Belanda Ludolph van Ceulen (1540-1610) berhasil mengkalkulasikan nilai π dengan benar hingga 35 tempat desimal, sehingga sejak itu nilai π disebut juga *Ludolph's Number*. Ketika Ludolph van Ceulen berhasil melakukan pengkalkulasiannya ini, dia menuliskan '*Die lust heeft, can naerder comen*' ('Seseorang yang memiliki keyakinan kuat, akan bisa mengungkap kebenaran').⁵⁶ Ludolph van Ceulen adalah pengguna Sistem Achimedes terakhir. Yang dilakukan van Caulen adalah dengan menggunakan poligon hingga 2^{62} , untuk memperoleh 39 digit pertama dengan 35 digit yang akurat, yang disertai penghargaan saat dipublikasikannya.⁵⁷

⁵⁴ Alfred S. Posamentier, *Pi (π): A Biography of The World's Most Mysterious Number*, h.61.

⁵⁵ Alfred S. Posamentier, h.61

⁵⁶ Alfred S. Posamentier, h.24.

⁵⁷ Jonathan M. Borwein, *The Life of Pi (π) : From Achimedes to ENIAC and Beyond*, Terbit 29 Juli 2004, h.6. Artikel ini dipublikasikan beliau saat menjabat sebagai Kepala *Canada Research & Direktur Dalhousie Drive*.

Selain itu dipermulaan renaisains tepatnya ditahun 1600-an, dengan ditemukannya kalkulus oleh Newton dan Leibniz, sebuah nilai dapat diperoleh dari pensubtitusian formula baru untuk penkalkulasian nilai π . Beberapa diantaranya dapat dilihat pada,

$$\begin{aligned}\tan^{-1} x &= \int_0^x \frac{dt}{1+t^2} = \int_0^x (1 - t^2 + t^4 - t^6 + \dots) dt \\ &= x - \frac{x^3}{3} + \frac{x^5}{5} - \frac{x^7}{7} + \frac{x^9}{9} - \dots\end{aligned}$$

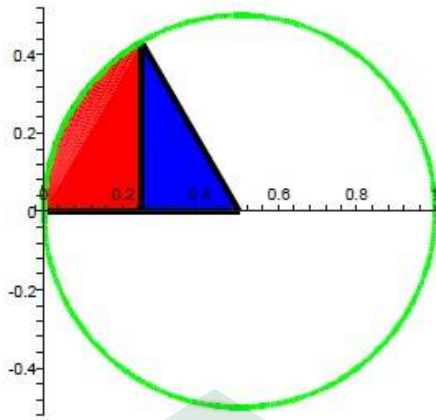
Dengan mensubtitusikan $x = 1$ kita akan memperoleh formula Gregory-Leibniz,

$$\frac{\pi}{4} = 1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + \frac{1}{9} - \dots$$

James Gregory (1638-1675), adalah salah seorang yang terbaik dari Keluarga Matematikawan Skotlandia saat itu. Dimana, saat $x = 1$, maka akan ditemukannya batas interval pada Deret Konvergen tersebut. Keputusan pensubtitusian membutuhkan kehati-hatian terhadap munculnya estimasi error untuk sisa atau Teorema kekonvergenan monoton Lebesgue, dan lainnya, walaupun dalam pengantar teksnya mengabaikan isu tersebut. Di Tahun 1988, hasil observasi dari Deret Gregory untuk π diperoleh,

$$\pi = 4 \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^{k+1}}{2k-1} = 4 \left(1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + \frac{1}{9} - \dots \right).^{58}$$

⁵⁸ Jonathan M. Borwein, *The Life of Pi (π) : From Achimedes to ENIAC and Beyond*, h.9.



Gambar 3. Titik-titik Koordinat Kartesian Metode Newton untuk π

Newton menemukan sebuah perbedaan pengkalkulasian yang jauh lebih efektif, yang sebenarnya tersembunyi pada formula Arcsin. Dia mempertimbangkan luas A untuk daerah terkiri pada gambar diatas. Sekarang, diperoleh A sebagai integral,

$$A = \int_0^{1/4} \sqrt{x - x^2} \, dx$$

Sehingga, Luas daerah sektor sirkular A, adalah $\frac{\pi}{24}$, kurang dari luas segitiganya yakni $\frac{\sqrt{3}}{32}$. Newton menggunakan metode baru yang dikembangkannya dari Teorema binomial yakni :

$$\begin{aligned} A &= \int_0^{1/4} x^{1/2} (1 - x)^{1/2} \, dx = \int_0^{1/4} x^{1/2} \left(1 - \frac{x}{2} - \frac{x^2}{8} - \frac{x^3}{16} - \frac{5x^4}{128} - \dots \right) \, dx \\ &= \int_0^{1/4} \left(x^{1/2} - \frac{x^{3/2}}{2} - \frac{x^{5/2}}{8} - \frac{x^{7/2}}{16} - \frac{5x^{9/2}}{128} - \dots \right) \, dx \end{aligned}$$

Pengintegralan dari teorema dan hasil kombinasi diatas yakni,

$$\pi = \frac{3\sqrt{3}}{4} + 24 \left(\frac{1}{3.8} - \frac{1}{5.32} - \frac{1}{7.128} + \frac{1}{9.512} - \dots \right)$$

Newton menggunakan formula ini untuk menkalkulasikan 15 digit dari π .

Dengan catatan, bahwa dia setelahnya ‘meminta maaf’ untuk “ketiadaan waktunya

untuk mengurus hal yang lain”. Kronologis yang sebenarnya mengatakan ‘Newton tidak pernah secara jelas memberi nilai untuk π ’.⁵⁹

Di Tahun 1794 matematikawan Francis Adrien Marie Legendre (1752-1833) menuliskan sebuah buku *Elements de Geometrie* yang membuktikan bahwa π^2 adalah irasional.⁶⁰ Sedangkan seorang matematikawan Jerman Carl Friedrich Gauss (1777-1855) juga mempertimbangkannya saat pengkalkulasian π , dia mempekerjakan Zacharias Dahse (1824-1861), kecepatan pengkalkulasiannya yang luar biasa, begitu membantu dalam penelitian Gauss ini. Dahse mempergunakan rumus,

$$\frac{\pi}{4} = \arctan\left(\frac{1}{2}\right) + \arctan\left(\frac{1}{5}\right) + \arctan\left(\frac{1}{8}\right)$$

yang memperoleh nilai π hingga 200 tempat desimal. Dahse menjadi seorang legenda dengan kemampuan pengkalkulasiannya itu.⁶¹ Dia mengkalkulasi π untuk 200 tempat pertama di kepalanya dalam dua bulan, keseluruhannya pun benar seingatku sampai periode itu, dialah pengkomputasi mental terbaik yang pernah ada.⁶²

Pencarian keakuratan nilai π terus berlanjut. Beberapa upaya memberikan sedikit kemajuan yang menambah tempat desimal yang benar pada nilai π , begitu juga yang lainnya yang ikut menyatakan keberhasilannya namun dimasa depan setelah diteliti ternyata memiliki beberapa kesalahan. Di Tahun 1847 Thomas Clausen (1801-1855), seorang matematikawan Jerman, berhasil mengkalkulasi nilai π yang benar hingga 248

⁵⁹ Jonathan M. Borwein, *The Life of Pi (π) : From Achimedes to ENIAC and Beyond*, h.11.

⁶⁰ Alfred S. Posamentier, *Pi (π): A Biography of The World's Most Mysterious Number*, h.69. Itu adalah penggunaan simbol π pertama pada buku terbitan Francis. Sebenarnya dugaan bahwa nilai π itu irasional pertama kali disebutkan oleh Aristotle, namun spekulasi tersebut baru menarik untuk dibuktikan pada dekade abad ke-18an.

⁶¹ Alfred S. Posamentier, h.69.

⁶² Jonathan M. Borwein, h.11.

tempat desimal. Ditempat lain pada Tahun 1853 William Rutherford, seorang berkebangsaan Inggris, berhasil menlampaunya hingga 440 tempat desimal. Salah satu murid Rutherford, William Shanks (1812-1882), memperluas jangkauan nilai π hingga 707 tempat desimal di Tahun 1874. Walaupun, kemudian diketahui bahwa terdapat kesalahan pada tempat ke-528, yang berhasil terdeteksi pada Tahun 1946 dengan bantuan alat elektronik, komputer.⁶³

G. Era Baru dari ENIAC hingga *Kanada's Method*

Kemajuan yang begitu pesat dari teknologi komputer pada dekade 1950-an yang sering disebut sebagai era digital, membawa dampak yang sangat signifikan bagi berbagai disiplin ilmu. Salah satu diantaranya adalah pada ilmu matematika. Tepatnya untuk setiap kekurangan pengkomputasian nilai π yang sebelumnya begitu rumit dilakukan dengan menggunakan cara manual, kini akhirnya bisa tertutupi dengan adanya teknologi komputer. Nilai π kini bisa dikalkulasikan hingga ribuan bahkan jutaan digit.

Electronic Numerical Integrator and Calculator (ENIAC), sebuah raksasa dengan otak kecil yang hingga hari ini merupakan alat yang masih sangat bermanfaat. Dibuat di Aberdeen Maryland oleh US Army. ENIAC memiliki 18.000 *vacuum tubes*, 6.000 tombol, 10.000 kapasitor, 70.000 resistor, 15.000 *relays*, dengan tinggi 10 kaki, menempati luas hingga 1800 kaki persegi dan memiliki berat 30 ton. Salah satu yang masih bisa dilihat yakni pada gambar berikut,

⁶³ Alfred S. Posamentier, *Pi (π): A Biography of The World's Most Mysterious Number*, h.70.



Gambar 4. ENIAC di dalam ruangan Smithsonian.

Kecepatan ENIAC yang menggunakan Pentium 1.5GHz mencapai 3.000.000 digit per detik. Dan pada Tahun 1949 pengkalkulasian nilai π untuk 2,037 tempat desimal oleh ENIAC hanya membutuhkan waktu 70 jam.⁶⁴

Di Tahun 1973, Guilloud and Boyer menggunakan rumus dari Euler, yakni arccot berikut,

$$x \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(n!)^2 4^n}{(2n+1)! (x^2+1)^{n+1}} = \arctan\left(\frac{1}{x}\right)$$

Muhammad Arfah Syam, S.Mat.

⁶⁴ Jonathan M. Borwein, *The Life of Pi (π) : From Achimedes to ENIAC and Beyond*, h.14.

untuk mengkalkulasikan jutaan digit dari π . Secara rinci, mereka menggunakan rumus ini untuk menunjukkan $\frac{\pi}{4} = 12 \arctan\left(\frac{1}{18}\right) + 8 \arctan\left(\frac{1}{57}\right) - 5 \arctan\left(\frac{1}{239}\right)$ yang lebih efisien dalam bentuk :

$$\pi = 864 \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(n!)^2 4^n}{(2n+1)!(325^{n+1})} + 1824 \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(n!)^2 4^n}{(2n+1)!(3250^{n+1})} - 20 \arctan\left(\frac{1}{239}\right),$$

dimana rangkaian teorema kedua tepat menunjukkan pergeseran desimal pada tempat pertama.⁶⁵ Dengan rumus itu Guilloud dan Bouyer berhasil memperoleh nilai π hingga 1.001.250 tempat desimal. Mereka melakukan lompatan yang cukup jauh dari pengkalkulasian sebelumnya yang hanya mencapai seperdua dari jumlah digit yang diperolehnya.

Tipe terbaru dari rumus deret ketakberhinggaan, didasarkan pada penaksiran integral eliptik, ditemukan oleh Srinivasa Ramanujan (1887-1920). Salah satu dari formula luar biasa itu yakni,

$$\frac{1}{\pi} = \frac{2\sqrt{2}}{9801} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(4k)! (1103 + 26390k)}{(k!)^4 396^{4k}}$$

Gosper menggunakan formula ini untuk mengkomputasikan 17 juta digit dari π di Tahun 1985. Deret Ramanujan ini sangat jauh lebih efisien daripada formula-formula klasik lainnya.⁶⁶ Di tahun yang sama, David dan Chudnovsky menemukan variasi rational dari formula Ramanujan tersebut,

⁶⁵ Mason S. Macklem & Jonathan M. Borwein, *The (Digital) Life of Pi (π)* Terbit th. 2004, h.1. Kali ini Jonathan M. Borwein mejalin kerja sama dengan Mason S. Macklem seorang matematikawan dari Universitas Simon Frasher untuk menerbitkan artikel singkatnya yang secara khusus membahas mengenai perkembangan sejarah pengkalkulasian nilai π khususnya di Era Digital.

⁶⁶ David H. Baley, *The Quest For Pi (π)*, h.5.

$$\frac{1}{\pi} = 12 \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k (6k)! (13591409 + 545140134k)}{(3k)! (k!)^3 640320^{3k+3/2}}$$

Chudnovskys mengimplementasikan formula ini menggunakan skema yang cerdas yang memberikan mereka kemudahan mendapatkan hasil dengan pengkalkulasiannya hingga tingkat presisi yang sangat tinggi. Mereka menggunakan pengkalkulasian dari π ini, dan mencapai puncaknya dengan memecahkan rekor pengkomputasian hingga lebih dari 4 milyar digit desimal di tahun 1994.⁶⁷

Di Tahun 1976, Eugene Salamin dan Richard Brent secara bebas menemukan sebuah reduksi algoritma kompleks untuk π . Hal itu terdapat dalam *Arithmetic-geometric mean iteration (AGM)* dan beberapa ide yang dipadukan dengan beberapa ide dari Gauss dan Legendre sekitar Tahun 1800, walaupun Gauss, tidak begitu mengetahui hal ini, yakni tidak pernah secara langsung melihat hubungannya untuk pengkomputasian π dengan efektif. *Quadratic Algorithm (Salamin-Brent)*, yakni jika himpunan $a_0 = 1$, $b_0 = \frac{1}{\sqrt{2}}$ dan $s_0 = \frac{1}{2}$, maka dapat dikalkulasikan,

$$\begin{aligned} a_0 &= \frac{a_{k-1} + b_{k-1}}{2} & (A) & & b_0 &= \sqrt{a_{k-1} + b_{k-1}} & (G) \\ c_0 &= a_k^2 - b_k^2 & s_k &= a_{k-1} - 2^k c_k & \text{dan menghitung,} & & p_k = \frac{2a_k^2}{s_k} \end{aligned}$$

Dimana p_k adalah *quadratically* kekonvergenan untuk π . Kesuksesan iterasi-iterasi menghasilkan 1, 4, 9, 20, 42, 85, 173, 347 dan 697 sebagai digit-digit terbaik dari π , dan akan diperoleh operasi $\log N$ untuk N digit. Duapuluh lima iterasi

⁶⁷ Jonathan M. Borwein, *The Life of Pi (π) : From Achimedes to ENIAC and Beyond*, h.15.

pengkomputasian π menghasilkan hingga 45 milyar digit desimal yang akurat.⁶⁸ Di Tahun 1985, Jonathan dan Peter Borwein menemukan algoritma yang serupa dengan tipe tersebut. Contohnya, untuk sebuah pengiterasian ordo tiga (*Cubic Algorithm*), yakni misalkan diketahui $a_0 = \frac{1}{3}$, dan $s_0 = \frac{\sqrt{3}-1}{2}$, maka dapat diiterasikan,

$$r_{k+1} = \frac{3}{1+2(1-s_k^3)^{1/3}}, \quad s_{k+1} = \frac{r_{k+1}-1}{2} \quad \text{dan} \quad a_{k+1} = r_{k+1}^2 a_k - 3^k (r_k^2 - 1)$$

dimana $\frac{1}{a_k}$, adalah *cubically* kekonvergenan untuk π . Setiap *triples* iteration dari angka tersebut akan memberikan digit yang benar. Untuk *Quadratic Algorithm*, misalkan jika himpunan $a_0 = 6 - 4\sqrt{2}$ dan $y_0 = \sqrt{2} - 1$, maka dapat diiterasikan

$$y_{k+1} = \frac{1-(1-y_k^4)^{1/4}}{1+(1-y_k^4)^{1/4}} \quad \text{dan} \quad a_{k+1} = a_k (1 + y_{k+1})^4 - 2^{2k+3} y_{k+1} (1 + y_{k+1} + y_{k+1}^2).$$

Dimana $\frac{1}{a_k}$ adalah *quadratically* kekonvergenan untuk π . Kuadrat Algoritma ini, dengan skema Salamin-Brent, pertama kali digunakan oleh Bailei di Tahun 1986 dan digunakan kembali oleh Yasumasa Kanada dari Tokyo untuk mengkomputasikan nilai π , hingga 200 trilyun digit desimal di tahun 1999.⁶⁹

Di Tahun 1999 Professor Yasumasa Kanada dari Universitas Tokyo mengumumkan melalui internet bahwa dia telah memecahkan sebuah rekor dunia barunya dalam mengkalkulasikan nilai π , yakni, dia mengkalkulasikan hingga 206,158,430,000 tempat desimal. Program yang digunakannya ditulis oleh Kanada dan

⁶⁸ Mason S. Macklem, *The (Digital) Life of Pi (π)*, h.2.

⁶⁹ Mason S. Macklem, h.2-3.

asistennya, Daisuke Takahasi. Mereka mengerjakan pengkalkulasiannya selama 83,5 jam.⁷⁰



Gambar 5. Yasumasa Kanada dalam Kantornya di Tokyo

Baru-baru di Tahun 2002 Kanada, dengan sebuah tim yang terdiri dari Y.Ushiro dari Hitachi, H.Kuroda dan M.Kudoh dari Universitas Tokyo, dan sembilan asistennya yang lain dari Hitachi, berhasil mengkomputasikan nilai π hingga **1.24 trillion decimal digits**. dengan menggunakan dua relasi arctangen untuk π , yakni :⁷¹

$$\pi = 48 \arctan \frac{1}{49} + 128 \arctan \frac{1}{57} - 20 \arctan \frac{1}{239} + 48 \arctan \frac{1}{110443}$$

$$\pi = 176 \arctan \frac{1}{57} + 28 \arctan \frac{1}{239} - 48 \arctan \frac{1}{682} + 96 \arctan \frac{1}{12943}$$

Muhammad Arfah Syam, S.Mat.

⁷⁰ Jorg Arndt, *π Unleashed*, h.1.

⁷¹ David H.Bailey, *Some Background on Kanada's Recent π Calculation* diterbitkan tanggal 16 Mei 2003.

H. Menjembatani Agama Islam dan Sains Matematika

Sebelum Sains berkembang pesat seperti yang kita lihat dan alami sekarang ini, Agama- baik yang berkaitan dengan keyakinan, pemikiran, institusi peribadatan, tindakan sosial, norma-norma, alat-alat yang digunakan maupun kitab suci yang menjadi sumbernya telah terlebih dahulu lahir dan tumbuh dewasa. Tradisi nilai-nilai spiritual dan norma-norma kehidupan yang telah disepakati oleh para pemeluk agama tersebut terus tetap dipertahankan, dipegang teguh, dan dijaga kelestariannya.

Pelestarian ini dilakukan lewat berbagai cara seperti melalui pendidikan, pengajian, kebaktian, pembangunan tempat-tempat ibadah, dan tempat-tempat pendidikan, atau perayaan-perayaan hari besar keagamaan. Semua ini sering dianggap sebagai bentuk untuk memuliakan peradaban manusia melalui Agama.

Agama dinilai dapat memberi percikan kedamaian, ditengah serbuan dari berbagai sisi ancaman akan kehidupan yang tidak pasti, kehidupan yang penuh kegelisahan, penuh kecemasan, kekhawatiran, kegetiran, kegagalan, keterasingan, kematian, kepunahan, dan lainnya yang datang silih berganti menyerang jiwa-rohani manusia.

Sains- walaupun secara tidak langsung pun memiliki tujuan yang sama, yakni memuliakan beban peradaban manusia dengan cara meringankan beban-beban fisik material yang dipikul oleh umat manusia dalam menghadapi kekuatan dan keperkasaan alam. Dalam kehidupan kesehariannya, manusia berhadapan langsung dengan ancaman alam yang tidak bersahabat; kedinginan, kebanjiran, kebakaran, kegelapan, kelaparan, penyakit, kematian, gempa bumi, gelombang air laut, badai tsunami dan lainnya.

Ditambah dengan tuntutan-tuntutan pemenuhan kebutuhan sandang, pangan, papan, transportasi, komunikasi, hiburan, rekreasi, dan lainnya. Seperti halnya Agama, yang tidak bisa dilepaskan dari kehidupan keseharian, maka begitupun dengan Sains.

Namun, siapa yang akan menyangka bahwa dibalik sisi esensial dari keduanya tersebut tersimpan sisi berlawanan yang saling menghantui. Agama dianggap mempertahankan begitu saja tradisi dan kebiasaan berfikir yang sudah dipegang teguh dan diwarisi sejak berabad-abad yang lalu (*taken for granted*). Sementara Sains, Teknologi, dan Ilmu Sosial Humaniora terus-menerus melakukan penelitian dan pembacaan ulang terhadap teori, hukum, metode, pendekatan, dan hasil-hasil temuan para pendahulunya.

Keyakinan keagamaan yang cenderung statis-konservatif dan repetitif dapat dijumpai dengan mudah dalam berbagai agama. Tradisi keagamaan mengenal prinsip ‘menjaga, mempertahankan, dan melestarikan hasil temuan dan capaian generasi terdahulu’, seperti yang disebutkan sebelumnya. Ini dianggap sebuah sikap yang *incompatible* dengan Etos keilmuan Sains.

Etos keilmuan Sains menekankan sebaliknya yakni perlunya ‘perbaikan dan penyempurnaan secara terus menerus temuan-temuan dan pencapaian dari generasi terdahulu dalam berbagai bidang’, tanpa sekedar mengambil begitu saja secara pasif.

Sikap yang saling berhadapan-hadapan inilah titik-tolak ketegangan hubungan antara Agama dan Sains. Terdapat jurang atau kesenjangan (*gap*) yang cukup dalam diantara keduanya. Dimana sisi ironisnya adalah kenyataan bahwa keduanya tidak

mungkin dibuang begitu saja, dan bahwa keduanya sangat-sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia.

Beberapa Saintis yang dihadapkan dengan pilihan sulit ini, terpaksa harus memilih salah satunya dan tidak mempermasalahkannya lagi. Beberapa bahkan yang lebih memilih Sains, malah berbalik dan mempergunakan Sains sebagai senjata untuk menyerang Agama. Sisanya adalah para saintis yang berharap bisa lebih bijak dalam menanggapi ketegangan ini, dengan berusaha ‘membangun jembatan penghubung’ yang bisa mendamaikan Agama dan Sains dikedua sisi masing-masing.

Jika jembatan yang dibangun ini roboh, maka kedua sisi tepi sungai kehidupan manusia, yaitu tepi ‘*religious*’ dan tepi ‘*secular*’, antara ‘wahyu’ dan ‘akal’, antara ‘teks’ dan ‘konteks’, antara ‘*immanent*’ dan ‘*transcendent*’, antara ‘turats’ dan ‘tajdid’, akan terputus kembali, dan yang mendapat kerugian adalah kita semua yang sudah mengambil banyak manfaat dan berhutang besar dari keduanya.

Dalam tradisi Islam antara Agama dan Sains, jembatan yang dibangun diantara keduanya bukan sekedar jembatan biasa- tapi Jembatan-Raksasa (*Giant Bridge*).

Kalender Muslim dimulai pada tahun 622 M, ketika nabi Muhammad berhijrah dari kota kelahirannya Mekah yang sangat dekat dengan pesisir pantai barat Semenanjung Arab, ke Medina, sebuah kota 200 mil sebelah utara. Mereka berangkat dengan membawa besamanya keyakinan ‘*La Ilaha Illa Allah*’. Ketika Muhammad kembali ke Mekah pada 630 M dan kemudian wafat pada tahun 632 M, kontribusi Islam pada Sains telah mulai bersemi. Beriringan dengan itu pada tahun 642 M, muslim telah berhasil mencapai penaklukan penuh atas Persia, dan mereka segera

berbaris ke arah perbatasan India. Beberapa tahun setelahnya, angkatan perang Amr ibn al-Ash berhasil menundukkan Mesir dan terus maju hingga mengislamkan keseluruhan sisi utara Benua Afrika.⁷²

Hingga memasuki awal abad Ke-8, umat muslim dibawah payung Dinasti Umayyah telah membentang luas dari tepi laut Atlantic hingga ke tepi sungai Indus. Mereka memiliki ibukota, sebuah kota metropolis berpenduduk hingga satu juta jiwa di Baghdad (*Damascus*). Disana mereka menggabungkan kedalamnya berbagai kultur budaya dari Yunani, Koptik, Persian dan India, yang darinya mereka mengadopsi berbagai aspek-aspek peradaban terbaik sebelum mereka.⁷³ Pusat pemerintahan dari Kekhalifaan ini yang pada tahun 750 M harus jatuh ke-kepemimpinan keluarga baru yang dikenal sebagai ‘Abbasid’.

Sementarasisanya, anggota keluarga Umayyah yang berhasil selamat memilih untuk mengasingkan diri ke sebelah Utara Afrika (ke kota *al-Maghrib*). Disana mereka menyusun kembali kekuatan lalu menyeberang lebih jauh ke Utara dan menaklukkan daratan Spanyol. Membangun disana ibukota mereka sendiri yang disebut *al-Andalusia*.

Dibawah Dinasti Abbasiyah, tepatnya ditangan Khalifah ketujuhny Al-Ma'mun (813-833 M), gambaran masyarakat ideal yang diyakininya dapat dicapai tidak hanya melalui Agama tetapi juga rasionalitas (Sains). Beliau menginginkan agar setiap pencapaian keilmuan yang saat itu eksis harus dibawa bersama-sama ke satu tempat

⁷² J.L Berggren, *Episodes in the Mathematics of Medieval Islam* (Burnaby : Springer, 2016), h.1.

⁷³ Firas Alkhateeb, *Lost Islamic History : Reclaiming Muslim Civilisation from The Past* (London : Hurst & Co., 2014), h.154.

pusat. Dia yakin bahwa jika semua sarjana terbaik dari dunia muslim diberi tempat dimana mereka dapat saling belajar satu sama lain, maka setiap keterbatasan, dan setiap ketidakmungkinan akan dapat dipecahkan.⁷⁴

Apa yang disadari oleh al-Ma'mun ini untuk tidak memisahkan Agama dengan rasionalitas akal, sejalan dengan banyak ayat-ayat al-Qur'an yang menekankan pentingnya penggunaan akal. Islam secara umum memuliakan akal sebagai sebuah landasan *taklif*.

Raghib As-Sirjani menekankan dalam bukunya bahwa ‘...Adalah dengan akal, manusia beriman, dan karena akallah yang menerangi jalan kebenaran, kebaikan, dan hidayah dan menjauhkan dari jalan kesesatan dan keingkaran’.⁷⁵ Itulah sebabnya Allah berfirman pada surah Az-Zumar (39) ayat 9 yang berbunyi,

أَمَّنْ هُوَ قَنِتٌ ءَانَاءَ اللَّيْلِ سَاجِدًا وَقَائِمًا يَحْذَرُ الْآخِرَةَ وَيَرْجُوا رَحْمَةَ رَبِّهِ قُلْ هَلْ يَسْتَوِي الَّذِينَ يَعْلَمُونَ وَالَّذِينَ لَا يَعْلَمُونَ إِنَّمَا يَتَذَكَّرُ أُولُوا الْأَلْبَابِ ﴿٩﴾

Terjemahannya :

Katakanlah : “Adakah sama orang-orang yang mengetahui dengan orang-orang yang tidak mengetahui ?” Sesungguhnya orang yang berakallah yang dapat menerima pelajaran.

Muhammad Arfah Syam, S.Mat.

⁷⁴ Firas Alkhateeb, *Lost Islamic History : Reclaiming Muslim Civilisation from The Past*. h.155. Dalam *Bayt al-Hikmah* dapat ditemukan dalam perpustakaanya berbagai terjemahan karya saintifik dari Sangkrit, Persia dan Yunani yang nantinya akan menginspirasi Khalifah al-Ma'mun untuk memberi dukungan (patronase) ke sejumlah Saintis yang tengah melaksanakan aktivitas atau proyek penelitiannya. Dia tidak membedakan anantara sarjana muslim maupun non-muslim, dari seluruh wilayah Kekhilafaannya. Ini kelak dikenal sebagai ‘*al-Ma'mun project*’.

⁷⁵ Raghib As-Sirjani, *The Harmony of Humanity : Teori Baru Pergaulan antar-Bangsa berdasarkan Kesamaan Manusia* (Jakarta Timur: Pustaka Al-Kautsar, 2015), h.314.

Dan pada ayat lain Al-Baqarah (2) ayat 164 Allah berfirman,

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَآخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ وَالْفُلْكِ الَّتِي تَجْرِي فِي الْبَحْرِ
بِمَا يَنْفَعُ النَّاسَ وَمَا أَنْزَلَ اللَّهُ مِنَ السَّمَاءِ مِنْ مَّاءٍ فَأَحْيَا بِهِ الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا وَبَثَّ فِيهَا
مِنْ كُلِّ دَابَّةٍ وَتَصْرِيفِ الرِّيْحِ وَالسَّحَابِ الْمُسَخَّرِ بَيْنَ السَّمَاءِ وَالْأَرْضِ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ
يَعْقِلُونَ ﴿١٦٤﴾

Terjemahannya :

Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, silih bergantinya malam dan siang, bahtera yang berlayar di laut membawa apa yang berguna bagi manusia, dan apa yang Allah turunkan dari langit berupa air, lalu dengan air itu Dia hidupan bumi sesudah mati (kering) nya dan Dia sebarkan di bumi itu segala jenis hewan, dan pengisaran angin dan awan yang dikendalikan antara langit dan bumi; sungguh (terdapat) tanda-tanda (keesaan dan kebesaran Allah) bagi kaum yang memikirkan.

Pemikiran akan pentingnya *al-Aqli* tersebut memberi inisiatif besar bagi al-Ma'mun untuk membangun Institusi pendidikan di Baghdad yang dikenal sebagai *House of Wisdom (Bayt al-Hikmah)*. Itu adalah sebuah bangunan dengan universitas, perpustakaan, lembaga penerjemahan dan laboratorium penelitian, semuanya dalam satu tempat luas. Untuk pertama kalinya dalam sejarah, para sarjana dari Persia, dari Mesir, India, dan Arab disatukan bersama dalam satu bangunan besar untuk mengembangkan Sains secara bersama-sama.

Al-Ma'mun mungkin salah satu pemimpin pemerintahan dalam awal sejarah yang berhasil melakukan tugas berat itu, yakni mengawinkan antara Agama dan Sains.

Pertama, beliau berhasil merubuhkan tembok pemisah diantara beberapa grup dan ras berbeda. Sebelum Islam, tidak ada alasan bagi seorang sarjana di Alexandria untuk jauh-jauh mengunjungi Persiahnya untuk belajar. Bahkan walaupun mereka tetap memilih berkunjung mereka akan tetap kesulitan karena terbentur masalah bahasa. Kedua, dimasa Al-Ma'mun bahasa Arab telah dibuatnya menjadi sebuah *lingua-franca* yang memungkinkan banyak orang dari berbagai latarbelakang untuk saling berkomunikasi. Bahasa Arab tidak hanya digunakan sebagai bahasa biasa (*liturgical language*), tetapi juga ditempat yang lain digunakan oleh para sarjana Sains untuk berkomunikasi dan menuangkan hasil penelitiannya. Ini membuat Islam tidak hanya wadah untuk peribadatan (*act of worship*), tetapi juga menjadi wadah penelitian (*scientific reseach*).

Patronase dan bimbingan yang tulus dari al-Ma'mun ini tidak hanya mendorong maju dunia keilmuan sains, tetapi juga telah membantu melahirkan banyak sosok Saintis Muslim dari berbagai bidang. Salah satu diantara banyak bidang itu yakni Sains Matematika.

Matematika telah dianggap sebagai basis untuk hampir semua disiplin Sains, terutama fisika, kimia, atronomi, dan geografi. Saintis Muslim dari masa keemasannya menganggap itu sebagai elemen suci dari sains (*Sacred Sains*). Mereka berharap melalui matematika, mereka dapat menemukan sejumlah prinsip-prinsip numeris dasar yang mengatur hukum-hukum alam.

Sebuah formula dianggap sebagai sebuah misteri, dan misteri ini hanya melalui kuasa dan izin Allah seorang saintis diberikan rahmat untuk menemukannya. Seperti yang diterangkan sendiri dalam al-Qur'an Al-A'raaf (7) ayat 52 yang berbunyi,

وَلَقَدْ جِئْنَاهُمْ بِكِتَابٍ فَصَّلْنَاهُ عَلَىٰ عِلْمٍ هُدًى وَرَحْمَةً لِّقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ ﴿٥٢﴾

Terjemahannya :

Dan sungguh kami telah datangkan kepada mereka satu tulisan (kitab), maka kami terangkan dia atas dasar Ilmu Pengetahuan, sebagai petunjuk dan rahmat untuk kaum yang Beriman.

Dua Saintis yang beruntung merasakan rahmat besar dari Allah itu yakni matematikawan, al-Khawarizm dan al-Kindi.

Muhammad Ibn Musa al-Khawarizmi datang dari sebuah daerah pedesaan Khawarizm (sekarang Urgench,Uzbekistan). Dia berada dibawah bimbingan Khalifah al-Ma'mun dan berlanjut nantinya hingga ke Khalifah al-Wathiq (842-847 M). Kontribusi utama Al-Khawarizm pada Sains terbentang diempat area yakni aritmatika, aljabar, geografi, dan astronomi.⁷⁶

Dalam kitab aritmatikanya, *The Book of Addition and Subtraction According to The Hindu Calculation*, dia memperkenalkan sebuah jenis sistem perhitungan desimal. Karya ini yang nantinya akan diterjemahkan ke bahasa Latin dan mempengaruhi dunia matematika barat menggunakan nama umum *algorithm*.⁷⁷ Pada kitabnya yang lain,

⁷⁶ J.L Berggren, *Episodes in the Mathematics of Medieval Islam*, h.8.

⁷⁷ J.L Berggren, h.8

yang ditulisnya lebih awal *Kitab al-Jabr wa l-muqabala (The Book of Restoring and Balancing)*. Dia menjelaskan bagaimana persamaan yang disebutnya *al-Jabr* dapat digunakan untuk menyelesaikan berbagai masalah keseharian dengan lebih sederhana, dengan menggunakan simbol-simbol.⁷⁸

Selanjutnya, Saintis lain yang memberi tempat istimewa bagi Matematika, yakni al-Kindi. Al-Kindi menulis dalam salah satu karyanya bahwa ‘...*alam hanya dapat ditundukkan melalui penguasaan disiplin ilmu matematis*’.⁷⁹

Al-Kindi merupakan saintis muslim yang meyakini matematika sebagai ‘*intermediate science*’ yang dapat menghubungkan antara alam fisik dan alam metafisik. Dia sadar akan matematika sebagai dasar pondasi bagi ilmu-ilmu lainnya. Dalam tulisannya *Kitab al-Musawwitat al-watariyya (On The String Instruments of Sound)*, dia memperkenalkan musik sebagai sebuah bagian dari kalkulasi matematis. Dia menyimpulkan bahwa praktek yang teliti (‘*amal*’) harus ditopang sepenuhnya oleh ilmu yang tidak kalah telitinya (‘*ilm*’).⁸⁰

Untuk menyebutkan satu-per-satu kontribusi saintis muslim selain kedua diatas tentunya akan membutuhkan cukup banyak ruang, dan penelitian yang terpisah. Khususnya untuk penelitian ini yang mengambil subjek geometri, mungkin kita hanya bisa menyebutkan beberapa diantaranya secara singkat.

⁷⁸ J.L. Berggren, h.8. Al-Khawarizm juga memberikan kontribusi penting pada kartografi. Dia dalam kitabnya *The Image of The Earth* berhasil menentukan panjang dari pesisir laut mediterania dan selanjutnya mendiskripsikan dalam sebuah map geograpis semenanjung Asia dan Afrika. Map tersebut menunjukkan distribusi merata dari kota-kota, laut dan pulau-pulau yang terbentang di permukaan wilayah tersebut.

⁷⁹ Jan P. Hogendijk, *The Enterprise of Science in Islam : New Perspectives*, (Cambridge : MIT Press, 2003), h.129.

⁸⁰ Jan P. Hogendijk, h.129-130.

Diantara mereka itu seperti Ibrahim Ibn Sinan untuk sumbangannya pada quadrature parabola, Abu al-Wafa' pada kontruksi regular polygon, Abu Kamil pada kalkulasi bangun pentagon dan decagon. Dalam mekanika muncul nama-nama signifikan seperti Banu Musa, al-Karadji, Ibn Bajjah, Umar Khayyam, Ibnu al-Haytham, dan al-Biruni.⁸¹

Secara umum geometri khususnya dalam bidang mekanika dan konstruksi arsitektural, dimana setiap bangunan tidak hanya membutuhkan sekedar bata-per-bata penopang tapi itu juga membutuhkan pondasi dasar yang kuat.

Arabia, dimasa-masa awal perkembangannya tidak mengenal apapun yang disebut Arsitektur. Hanya sebagian kecil dari populasi yang memiliki bangunan untuk menetap, dan tinggal dalam sebuah pondok sederhana yang lebih layak disebut gubuk. Itu kecuali keluarga-keluarga bangsawan berpengaruh saja yang menikmati tempat tinggal yang lebih mewah dari lainnya.

Semuanya dimulai ketika Nabi Muhammad berhijrah ke Medina, dimana beliau membangun sebuah rumah sederhana disana, yang seperti banyak rumah-batu lainnya dengan dua ruangan sederhana. Satu ruangan digunakan untuk tempat beribadah atau tempat menerima pengunjung yang kadang-kadang datang bertamu dan satu ruangan lainnya digunakan untuk keluarganya beristirahat. Tidak ada yang akan menyangka

⁸¹ Syed Akheel Ahmad, *Islam and Scientific Enterprise*, (New Delhi : LKI Publishing House, 2008), h.52-54. Al-Biruni sendiri tidak hanya menguasai matematika dan mekanika tapi disiplin keilmuannya bahkan merambah ke dunia farmasi. Diusianya yang ke delapanpuluh dengan kondisi penglihatan dan pendengaran yang memprihatinkan, beliau merampungkan tulisannya *Pharmacology*. Itu berisikan daftar panjang berdasarkan abjad, 720 jenis obat-obatan dari berbagai wilayah yang sempat dijelajahnya dari Arab, Yunani, Siria, Persia dan India.

sebelumnya bahwa setelah beliau wafat rumah sederhana itu, nantinya akan menjelma menjadi sebuah masjid besar yang luasnya puluhan kalilipat.

Pola dan metode dari kontruksi bangunan berubah dari generasi ke generasi, khususnya dalam bahan-bahan material, dari bentuk bangunan, interior dan ornamen-ornamen penghiasnya.

Salah satu bangunan tertua umat muslim yang dapat menggambarkan keunggulan arsitektur Bangsa Arab ini adalah Qubbat as-Sakhra (*Dome of Rock*) yang pembangunannya rampung pada 691 M di Jerusalem. Harmoni dari proporsi dan kekayaan dekorasi membuatnya salah satu bangunan terindah yang pernah eksis didunia.⁸²

Elemen spesifik dari arsitektur islam diantaranya adalah *muqarnas* dan *qubba*. Ghiyat al-Din Jamsid Mas'ud al-Kashi merupakan salah satu matematikawan yang berkontribusi didalamnya. Ketika Khalifah Ulugh Beg (1394-1449 M) memutuskan untuk membangun sebuah observatori di Samarkand, dia mengikutsertakan al-Khasi didalamnya. Karya penelitiannya *Miftah al-Hisab (Key of Arithmetic)* memuat didalamnya penggunaan geometri sebagai alat pengkalkulasian sekaligus mengaplikasikannya untuk menghitung area permukaan sebuah *muqarnas* dan *qubba*.

⁸² Jan P. Hogendijk, *The Enterprise of Science in Islam : New Perspectives*, h.136. Tetapi, bagaimanapun setelah Umat muslim mengetahui bagaimana cara membangun bangunan yang tepat dan memperindahnya dengan berbagai ornament kaligrafi, maka kita tidak hanya bisa menemukan masjid-mesjid besar serupa itu di jantung daratan Arabia (Syria, Iraq, Saudi Arabia, Mesir, dan Yaman) tetapi juga di Spanyol dan sepanjang semenanjung Utara Afrika, bahkan hingga ke daratan India dan Central Asia. Tidak bisa dipungkiri bahwa itu adalah satu sapuan besar sebuah peradaban raksasa.

Dia menekankan untuk melakukan hal tersebut dengan hati-hati dan teliti karena bangunan tersebut merupakan sebuah struktur arsitektural yang kompleks.⁸³

Al-Kashi tidak memberikan kalkulasi langsung terhadap perhidungan *qubba*, kecuali bahwa dia menerapkan itu sebagai sketsa bangun setengah lingkaran. Disini dia menggunakan rumus pengkalkulasian luas dan volumenya, yang kemudian memberinya jalan dalam menentukan apa yang dikenal sebagai rasio perbandingan antara keliling dan diameter lingkaran (π).

Ketika sisi dalam dan sisi luar diameter sebuah bangunan *qubba* (seperdua-bola) diketahui, maka itu akan dengan mudah untuk menentukan volumenya.

Rumus untuk luas (A) dan volume (V) dari sebuah *qubba* dengan diameter diketahui $2r$ adalah,

$$A = (2r)^2 \cdot \pi$$

$$V = r \cdot \frac{A}{3} = \frac{4}{3} \pi r^2$$

Dalam karyanya itu dia menemukan π sebagai,

$$\pi = \left(1 - \frac{1}{7} - \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{7}\right) \cdot 4 = \frac{11}{14} \cdot 4 = 3 \frac{1}{7} = \frac{22}{7}$$

Sehingga darinya dia mendapatkan hasil akhir untuk Luas dan Volume *qubba* yang dihitungnya itu,

$$A = (2r)^2 \cdot \left(1 - \frac{1}{7} - \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{7}\right) \cdot 4 = (2r)^2 \left(3 \frac{1}{7}\right)$$

$$V = r \cdot \frac{A}{3} = \frac{4}{3} r^2 \cdot \left(1 - \frac{1}{7} - \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{7}\right) \cdot 4 = \frac{4}{3} \left(3 \frac{1}{7}\right) r^2$$

⁸³ Jan P. Hogendijk, *The Enterprise of Science in Islam : New Perspectives*, h.139.

Ilmu Arsitektur disebutnya sebagai kompleks bukanlah tanpa alasan. Dia mengakui bahwa formulanya diatas masih memiliki banyak kekurangan terutama dengan adanya elemen π didalamnya. Upayanya untuk mengungkap itu, harus banyak-banyak disyukurinya dengan menemukan $\pi = \left(1 - \frac{1}{7} - \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{7}\right) \cdot 4$ sebagai nilai untuk mewakilinya. Nilai $\left(\frac{22}{7}\right)$ ini bagaimanapun masih sering kita gunakan hingga saat ini, sebagai nilai sederhana dari π dalam perhitungan geometris.

Geometri yang terserap seperti diatas hanyalah satu diantara cakupan ilmu Arsitektur. Pada perkembangannya geometri tidak hanya digunakan untuk sketsa awal bangunan tapi itu juga diterapkan dalam kaligrafi, desain taman, hingga ke dekorasi penghias bangunan. Kesemuanya itu kemudian ditiru dan diterapkan kesetiap wilayah yang berada dibawah pengaruh kuat Islam.

Di Indonesia sendiri, seni hias yang mengambil pola geometri, memiliki beberapa perkembangan dan penambahan hiasan-hiasan jenis baru seperti segitiga tumpal, kurawal, segi empat atau belah ketupat, jalinan tali atau tambang, serta hiasan-hiasan berbentuk bunga atau dedaunan.⁸⁴

Pada masa Dinasti Abbasiyah, seni kaligrafi yang terdapat pada makam raja-raja di daerah Sulawesi Selatan sendiri, lebih dikenal sebagai *kufi*, *naskhi*, dan *tsulust*. Hal tersebut menandakan bahwa pengaruh kebudayaan Islam sudah masuk kedaerah tersebut pada masa perkembangan awal islam. Keterangan yang didapatkan dari inskripsi kaligrafi Arab berisikan didalamnya tentang nama Allah dan Muhammad,

⁸⁴ Uka Tjandrasmita, *Arkeologi Islam Nusantara*, (Jakarta : KPG, 2007), h.248.

doa, kutipan ayat-ayat al-Qur'an dan pada perkembangan setelahnya kadang menambahkan nama dan kapan orang yang dimakamkan tersebut wafat. Informasi yang masih lengkap dari kaligrafi Arab dan *lontara*' ini masih bisa ditemukan disitus kompleks Makam Katangka.⁸⁵

Motif geometri seperti garis lurus, persegi delapan, belah ketupat, pilin berganda dan hiasan lingkaran akan banyak ditemui. Walaupun begitu penggunaan hiasan geometri pada kompleks makam ini tidaklah terlalu banyak. Hanya ada beberapa makam yang memakai motif hias pilin berganda, yang selalu dikaitkan dengan simbol perkembangan jiwa menuju Tuhan dan motif lingkaran pusat yang dianggap sebagai simbol kehidupan yang damai dan berkesinambungan.⁸⁶



⁸⁵ Muslimin Effendy, *Monumen Islam di Sulawesi Selatan*, (Makassar : Danarosi Media, 2013), h.285.

⁸⁶ Muslimin Effendy, h.287.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kepustakaan (*library research*) dipadukan dengan penelitian analitis (*analitic research*). Penelitian ini akan bertujuan untuk memberikan solusi atas permasalahan tertentu secara teoritis tanpa melupakan pentingnya penerapan praktisnya. Penelitian ini berfokus pada pemaparan, pengembangan, dan pengujian sebuah ide, teori atau gagasan, dan tanpa mengabaikan aplikasi dari penelitian tersebut dalam kehidupan sehari-hari.

B. Waktu Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan di Perpustakaan Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, sejak bulan Juli 2017.

C. Prosedur Penelitian

Adapun langkah-langkah dalam membangun sistem informasi perpustakaan ini adalah :

1. Melakukan pengumpulan data kepustakaan yang merujuk pada masalah yang tengah dibahas dan menganalisisnya sehingga data kepustakaan

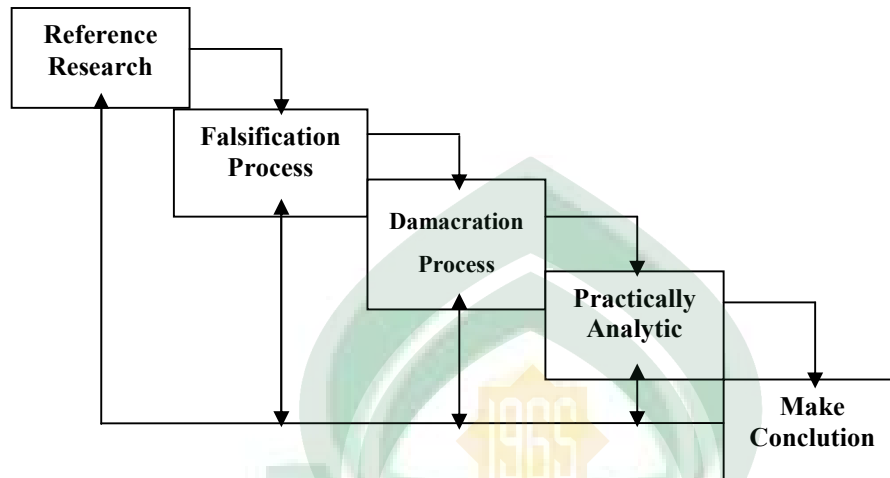
tersebut bersesuaian. Lalu menyusun dasar-dasar referensi yang hendak digunakan untuk membangun kerangka pustaka.

2. Menfalsifikasi setiap kelemahan yang ada pada nilai π (π *Conventional*) dan menjabarkan konjektur-konjektur yang mendukung kuat proses *falsification* tersebut.
3. Menentukan batasan yang jelas berdasarkan kriteria Demarkasi untuk nilai π .
4. Mereduksi hasil penelitian untuk menghubungkan secara langsung pada penerapan praktisnya yang lebih bermanfaat.
5. Menarik konklusi yang tepat secara menyeluruh yang mencakup seluruh bagian penelitian yang telah dilakukan.

D. Diagram Alur Penelitian

Secara umum tahapan atau langkah-langkah penyelesaian sistem ini dapat dilihat pada model *waterfall*. Metode ini merupakan metode yang sering digunakan oleh penganalisa sistem pada umumnya. Inti dari metode *waterfall* adalah pengerjaan dari suatu sistem dilakukan secara berurutan atau secara linear. Jadi jika langkah satu belum dikerjakan maka tidak akan bisa melakukan pengerjaan langkah 2, 3 dan seterusnya. Secara otomatis tahapan ke-3 akan bisa dilakukan jika tahap ke-1 dan ke-2 sudah dilakukan.

Gambar 6. Model Waterfall



BAB IV

PEMBAHASAN

A. Metode Archimedes untuk Mencapai Derajat Inkonsistensi π

Pengkalkulasian nilai π dengan ketelitian yang cukup tinggi pertama kali diketahui, dilakukan oleh Archimedes. Beliau mencoba memberikan pendekatan metode yang belum pernah digunakan jauh sebelumnya, yakni dengan menggunakan segi banyak (*polygon*).

Misalkan diambil sebuah lingkaran dan sebuah segi-6, maka dapat dibuat enam buah segitiga yang mewakili sisi-sisi segi-6 tersebut,



Gambar 7. Segi-6 dalam sebuah lingkaran dan sebuah $\triangle ACE$ dengan Jari-jari (r) = 1

Sebuah $\triangle ACE$ sama kaki akan dengan panjang sisi (r) $AC = 1$, dan alas $CE = d_n$ sebagai salah satu sisi dari segi-6. Kemudian kita bisa membagi dua $\triangle ACE$ untuk mendapatkan dua buah segitiga baru yang sebangun dan kongruen dititik D, yakni

ΔACD dan ΔADE . Kedua segitiga tersebut akan mewakili bangun segibanyak yang baru, yakni segi-12.

Maka dengan menggunakan rumus Phitagoras bisa dicari,

$$AB^2 + BC^2 = 1^2 = 1$$

$$AB^2 = 1 - BC^2$$

$$AB = \sqrt{1 - BC^2}$$

dengan nilai

$$BC = \frac{CE}{2} = \frac{d_n}{2}$$

selanjutnya dapat mensubtitusikan nilai BC untuk memperoleh nilai ,

$$AB = \sqrt{1 - \left(\frac{d_n}{2}\right)^2} = \sqrt{1 - \left(\frac{d_n^2}{4}\right)}$$

Dan,

$$BD = 1 - AB$$

$$BD = 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{d_n^2}{4}\right)}$$

Sehingga dapat diperoleh panjang sisi dari Segi-12 yakni,

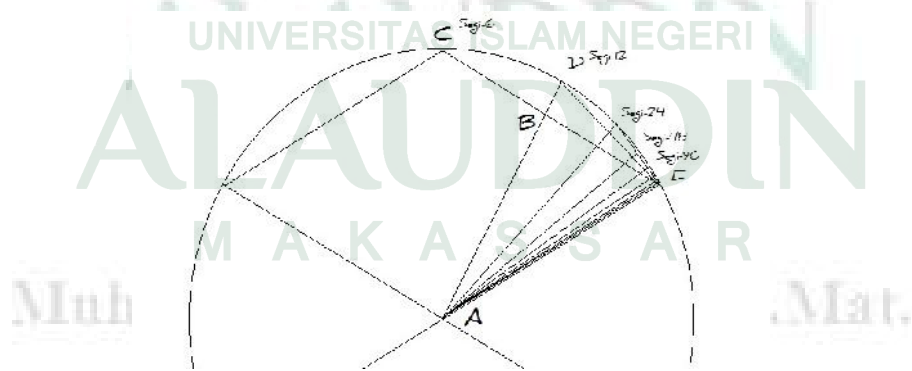
$$DE^2 = CD^2 = BC^2 - BD^2$$

$$CD^2 = \left(\frac{d_n}{2}\right)^2 + \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{d_n^2}{4}\right)}\right)^2$$

$$= \frac{d_n^4}{4} + \left(1 - \sqrt{1 - \frac{d_n^2}{4}}\right)\left(1 - \sqrt{1 - \frac{d_n^2}{4}}\right)$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{d_n^4}{4} + \left(1 - 2\sqrt{1 - \frac{d_n^2}{4}}\right) + \left(1 - \frac{d_n^2}{4}\right) \\
&= \frac{d_n^4}{4} + 1 - 2\sqrt{1 - \frac{d_n^2}{4}} + 1 - \frac{d_n^2}{4} \\
&= \frac{d_n^4}{4} + 1 - 2\sqrt{1 - \frac{d_n^2}{4}} + 1 - \frac{d_n^2}{4} \\
CD^2 &= 2 - 2\sqrt{1 - \frac{d_n^2}{4}} \\
DE = CD &= \sqrt{2 - 2\sqrt{1 - \frac{d_n^2}{4}}} \text{ dan } \pi_n = \frac{n \cdot \sqrt{2 - 2\sqrt{1 - \frac{d_n^2}{4}}}}{2}
\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama bisa dicari sisi dari segi-24, segi-48, segi-96, hingga mencapai sisi yang tidak lagi berjarak atau berbentuk garis, tetapi berupa titik yang mengimpit masing-masing sisi lingkaran.



Gambar 8. Pergeseran Segi-n menuju titik konstan π dalam lingkaran.

Berikut hasil yang diperoleh dengan menggunakan program Microsoft Office Excel, untuk mencari nilai π hingga mencapai titik konstan.

Tabel 2. Pengkalkulasian dan pergeseran ke-n untuk titik konstan π

n	Jari-jari (AC)	BC (dn/2)	AB	BD	CD	Keliling Segi-n	π
6	1.00000000000000	0.50000000000000	0.86602540378444	0.13397459621556	0.51763809020504	6.00000000000000	3.00000000000000
12	0.51763809020504	0.25881904510252	0.96592582628907	0.03407417371093	0.26105238444010	6.21165708246050	3.10582854123025
24	0.26105238444010	0.13052619222005	0.99144486137381	0.00855513862619	0.13080625846029	6.26525722656248	3.13262861328124
48	0.13080625846029	0.06540312923014	0.99785892323860	0.00214107676140	0.06543816564355	6.27870040609373	3.13935020304687
96	0.06543816564355	0.03271908282178	0.99946458747637	0.00053541252363	0.03272346325297	6.28206390178102	3.14103195089051
192	0.03272346325297	0.01636173162649	0.99986613790956	0.00013386209044	0.01636227920787	6.28290494457092	3.14145247228546
384	0.01636227920787	0.00818113960394	0.99996653391740	0.00003346608260	0.00818120805247	6.28311521582372	3.14155760791186
768	0.00818120805247	0.00409060402623	0.99999163344435	0.00000836655565	0.00409061258233	6.28316778429664	3.14158389214832
1536	0.00409061258233	0.00204530629116	0.99999790835890	0.00000209164110	0.00204530736068	6.28318092645610	3.14159046322805
3072	0.00204530736068	0.00102265368034	0.99999947708959	0.00000052291041	0.00102265381403	6.28318421199854	3.14159210599927
6144	0.00102265381403	0.00051132690701	0.99999986927239	0.00000013072761	0.00051132692372	6.28318503338432	3.14159251669216
12288	0.00051132692372	0.00025566346186	0.99999996731810	0.00000003268190	0.00025566346395	6.28318523873077	3.14159261936538
24576	0.00025566346395	0.00012783173198	0.99999999182952	0.00000000817048	0.00012783173224	6.28318529006738	3.14159264503369
49152	0.00012783173224	0.00006391586612	0.99999999795738	0.00000000204262	0.00006391586615	6.28318530290154	3.14159265145077
98304	0.00006391586615	0.00003195793308	0.99999999948935	0.00000000051065	0.00003195793308	6.28318530611007	3.14159265305504
196608	0.00003195793308	0.00001597896654	0.99999999987234	0.00000000012766	0.00001597896654	6.28318530691221	3.14159265345610
393216	0.00001597896654	0.00000798948327	0.99999999996808	0.00000000003192	0.00000798948327	6.28318530711274	3.14159265355637
786432	0.00000798948327	0.00000399474164	0.99999999999202	0.00000000000798	0.00000399474164	6.28318530716288	3.14159265358144
1572864	0.00000399474164	0.00000199737082	0.99999999999801	0.00000000000199	0.00000199737082	6.28318530717541	3.14159265358770
3145728	0.00000199737082	0.00000099868541	0.99999999999950	0.00000000000050	0.00000099868541	6.28318530717854	3.14159265358927
6291456	0.00000099868541	0.00000049934270	0.99999999999988	0.00000000000012	0.00000049934270	6.28318530717933	3.14159265358966
12582912	0.00000049934270	0.00000024967135	0.99999999999997	0.00000000000003	0.00000024967135	6.28318530717952	3.14159265358976
25165824	0.00000024967135	0.00000012483568	0.99999999999999	0.00000000000001	0.00000012483568	6.28318530717957	3.14159265358979
50331648	0.00000012483568	0.00000006241784	1.00000000000000	0.00000000000000	0.00000006241784	6.28318530717958	3.14159265358979
100663296	0.00000006241784	0.00000003120892	1.00000000000000	0.00000000000000	0.00000003120892	6.28318530717959	3.14159265358979
201326592	0.00000003120892	0.00000001560446	1.00000000000000	0.00000000000000	0.00000001560446	6.28318530717959	3.14159265358979

Sejauh ini kita sudah memperoleh nilai konstan $\pi = 3.14159265358979...$, walaupun karena keterbatasan program Ms. Excel, kita hanya bisa memperoleh nilai yang menjangkau hanya 15 digit desimal saja. Dalam tabel tersebut nilai π dapat dikalkulasikan :

Pertama, untuk $n = 6$

$$\pi = \frac{\text{Keliling}}{\text{Diameter}} = \frac{6}{2} = 3.00000000000000$$

untuk $n = 12$

$$\begin{aligned} \pi &= \frac{12 \sqrt{2 - 2\sqrt{1 - \frac{1}{4}}}}{2} = 6 \sqrt{2 - 2\sqrt{\frac{3}{4}}} = 6 \sqrt{2 - \sqrt{3}} \\ &= 3\sqrt{6} - 3\sqrt{2} = 3.10582854123025 \end{aligned}$$

untuk $n = 24$,

$$\pi = \frac{24 \sqrt{2-2 \sqrt{1-\frac{(2-2 \sqrt{1-\frac{1}{4}})^2}{4}}}}{2} = 3.13262861328123$$

untuk $n = 48$

$$\pi = \frac{48 \sqrt{2-2\sqrt{1-\frac{(\sqrt{2-2\sqrt{1-\frac{1}{4}})^2}{4}})}}{2} = 3.139350203046867$$

untuk $n = 96$

[illegible]

untuk $n = 192$

[illegible]

Hingga ke- $n = 50331648$ yang menjadi titik konstan π . Dengan nilai yang diperoleh yakni $\pi = 3.14159265358979\dots$

Hasil yang sama bisa diperoleh dengan menggunakan program MinGW, menggunakan *syntaks* dibawah ini kita bisa mencari titik konstan π saat $R = 1$, sebagai berikut :

```

1  #include <stdio.h>
2  #include <math.h>
3
4  int main()
5  {
6      double R = 1.0;
7      double n = 6.0;
8      puts("number of sides      approximate value of pi");
9      while (n < 500000000.0)
10     {
11         printf ("%13.0f      %18.14f\n", n, n*R/2.0);
12         double h = R / 2.0;
13         double z = sqrt(1.0 - h * h);
14         s = sqrt(h * h + (1.0 - z) * (1.0 - z));
15         n *= 2;
16     }
17 }
```

Outpunya yakni :

```

C:\MinGWStudio\Templates\SS\p\PI_Arc\Debug\PI_Arc.exe
number of sides      approximate value of pi
6                    3.0000000000000000
12                   3.10582854123025
24                   3.13262861328124
48                   3.13935020304687
96                   3.14103195089051
192                  3.14145247228546
384                  3.14155760791186
768                  3.14158389214832
1536                 3.14159046322805
3072                 3.14159210599927
6144                 3.14159251669216
12288                3.14159261936538
24576                3.14159264503369
49152                3.14159265145077
98304                3.14159265305504
196608               3.14159265345610
393216               3.14159265355637
786432               3.14159265358144
1572864              3.14159265358770
3145728              3.14159265358927
6291456              3.14159265358966
12582912             3.14159265358976
25165824             3.14159265358979
50331648             3.14159265358979
100663296            3.14159265358979
201326592            3.14159265358979
402653184            3.14159265358979

Terminated with return code 0
Press any key to continue ...
```

Pada dasarnya dengan menggunakan program yang lebih canggih bisa didapatkan nilai konstan π hingga ribuan digit. Berikut nilai π untuk 1000 digit desimal dengan menggunakan program *Python* :

```
# Archimedes Method for PI

import decimal

def ArchPi(precision=99):
    # x: keliling segi banyak pada luar lingkaran
    # y: keliling segi banyak pada dalam lingkaran

    decimal.getcontext().prec = precision+1
    D=decimal.Decimal

    # estimasi besarnya error toleransi
    eps = D(1)/D(10**precision)

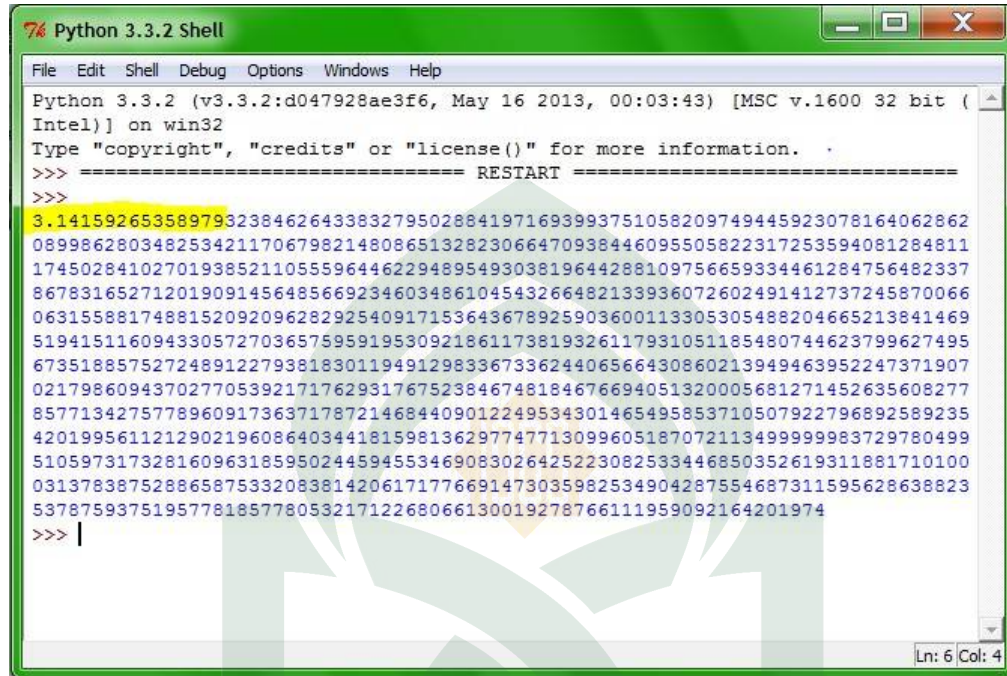
    # inisialisasi luas daerah
    x = D(4)
    y = D(2)*D(2).sqrt()

    ctr = D(0)
    while x-y > eps:
        xnew = 2*x*y/(x+y)
        y = D(xnew*y).sqrt()
        x = xnew
        ctr += 1

    return str((x+y)/D(2))

if __name__ == '__main__':
    # Banyaknya digit yang hendak diketahui :|
    print(ArchPi(1000))
```

Outpunya yakni,



```
Python 3.3.2 Shell
File Edit Shell Debug Options Windows Help
Python 3.3.2 (v3.3.2:d047928ae3f6, May 16 2013, 00:03:43) [MSC v.1600 32 bit (Intel)] on win32
Type "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>> ===== RESTART =====
>>>
3.1415926535897932384626433832795028841971693993751058209749445923078164062862
089986280348253421170679821480865132823066470938446095505822317253594081284811
174502841027019385211055596446229489549303819644288109756659334461284756482337
867831652712019091456485669234603486104543266482133936072602491412737245870066
063155881748815209209628292540917153643678925903600113305305488204665213841469
519415116094330572703657595919530921861173819326117931051185480744623799627495
673518857527248912279381830119491298336733624406566430860213949463952247371907
021798609437027705392171762931767523846748184676694051320005681271452635608277
857713427577896091736371787214684409012249534301465495853710507922796892589235
420199561121290219608640344181598136297747713099605187072113499999983729780499
510597317328160963185950244594553469083026425223082533446850352619311881710100
031378387528865875332083814206171776691473035982534904287554687311595628638823
537875937519577818577805321712268066130019278766111959092164201974
>>> |
```

B. Falsifikasi nilai 3.14 Sebagai π Konvensional

Nilai 3.14 untuk mewakili nilai π pertama kali digunakan untuk menghormati ilmuwan besar Albert Einstein yang lahir tepat pada tanggal 14 Mei. Untuk sekaligus merayakan hari ulang tahun beliau, tanggal 14 Mei ditetapkan sebagai hari π sedunia.

π dengan nilai 3.14 adalah satu-satunya yang tetap dipercaya keabsahannya sebagai nilai tunggal yang dapat mewakilinya. Sejak sejarah mulai mencatat berbagai pencapaian-pencapaian khususnya untuk membongkar segala kesulitan-kesulitan secara matematis, kepercayaan akan teori yang tetap dan pasti menjadi mutlak diterima. Begitupun dengan kebuntuan dalam mendeksiprisikan nilai π . Dengan berbagai pertimbangan nilai π diberi nilai pendekatan 3.14 atau adapula $22/7$.

Padahal menilik kembali pada sejarah pengkalkulasiannya yang sudah begitu banyak menguras tenaga para pemikir-pemikir ulung terdahulu, kita seharusnya menyadari bahwa penyerhanaan yang begitu gegabah seperti hal tersebut harusnya bisa dihindari. Sejak Bangsa Babilonia kuno hingga ke Era Komputasi, kita sudah menghimpun banyak sekali nilai-nilai untuk π . Bahkan memasuki tahun 2011 lalu, seorang matematikawan Jepang berhasil melewati rekor pengkomputasian yang sebelumnya sudah dicapai oleh Kanada. Tepatnya Shigero Kondo, yang menggunakan metode *y-cruncher* berhasil mengkalkulasikan nilai π dalam 371 hari sebanyak 10 Triliun digit desimal.

Namun tetap lebih memilih menggunakan nilai 3.14, hanya karena digit-digit π akan sangat menyulitkan untuk digunakan jika terlalu banyak. Misalnya untuk menghitung luas lingkaran, atau volume bola dan tabung, akan kesulitan jika memaksakan digit yang 10 triliun itu sebagai nilai π . Akan berbeda tentunya jika menggunakan 3.14, yang akan sangat memudahkan dalam menyelesaikan permasalahan matematis secara teoritis.

Namun tentunya harus dibayar dengan harga yang mahal untuk kengototan teoritis ini, dan juga untuk ketololan mengorbankan kebenaran demi hari ulang tahun yang sama sekali tidak ada hubungannya dengan tahap-tahap pengkalkulasian. Bagaimanapun kita harus menyadari bahwa kita sudah bertindak sangat gegabah.

Para saintis sudah menghabiskan banyak waktu hanya untuk mengkalkulasikan jutaan bahkan hingga triliunan digit dengan berbagai metode untuk π , tapi pada akhirnya kita tetap menggunakan 3.14.

Karenanya dalam penelitian kali ini penulis pribadi tidak akan memusatkan perhatian untuk mencari sebuah metode yang tepat untuk megkalkulasikan nilai π . Bukan juga untuk mencoba mengkalkulasikan nilai π agar melampaui atau memecahkan rekor pempatenan digit terbanyak. Sudah terlalu banyak matematikawan yang melakukan hal itu, dan berakhir hanya pada lembaran-lembaran sejarah, dimana hasil pekerjaannya khususnya untuk mencari digit-digit π tidak dihargai maupun dipergunakan dengan baik.

Secara umum penelitian ini terfokus pada proses pengujian anomali-anomali nilai π yakni 3.14. Penulis percaya bahwa nilai π yang kita gunakan saat ini adalah salah. Itulah hipotesis yang hendak penuis buktikan melalui proses falsifikasi. Dengan menyadari ketidakpastian yang muncul dikarenakan digit π yang juga sama tidak pastinya. Maka perlu dicari solusi yang tepat untuk menyelesaikan kebuntuan ini. Yakni bagaimana mengakali agar kita tidak terpaksa menggunakan nilai 3.14 yang berdasar hipotesis yang penulis tarik saat ini memiliki tingkat error yang sangat besar, dan selain itu juga agar bisa menyesuaikan pemakaian digit yang ada tanpa harus ragu karena banyaknya digit π yang harus disubtitusikan dalam proses pengkalkulasian nantinya.

Proses Penfalsifikasian ini akan bisa membuka mata dengan tumpukan kekeliruan yang tidak disadari. Untuk saat ini penulis akan memulai, dengan menunjukkan bahwa pemakaian 3.14 adalah hal yang keliru.









Tabel tersebut diatas menunjukkan bagaimana pergeseran selisih besaran luas Lingkaran dan Volume Bola yang sangat signifikan hingga ke jari-jari $R = 10000$ untuk setiap lompatan-lompatan digitnya, yakni sampai ke 10 digit desimal pertama. Masih ada banyak jutaan digit lainnya dibelakan koma pada nilai π , dengan mengabaikannya kita akan mendapatkan nilai Luas yang sangat jauh berbeda.

Misalnya untuk Luas Lingkaran dengan Jari- jari $R = 1$

- Untuk $\pi_{\text{konvensional}} = \pi_2 = 3.14$

$$\pi^2 \mathcal{L}_{r(1)} = \pi r^2 = 3.14 * 1^2 = 3.14$$

- Untuk $\pi_3 = 3.141$

$$\pi^3 \mathcal{L}_{r(1)} = \pi r^2 = 3.141 * 1^2 = 3.141$$

$$\text{diperoleh selisih } S = \pi^2 \mathcal{L}_{r(1)} - \pi^3 \mathcal{L}_{r(1)} = 3.14 - 3.141 = -0.001$$

- Untuk $\pi_4 = 3.1415$

$$\pi^4 \mathcal{L}_{r(1)} = \pi r^2 = 3.141 * 1^2 = 3.1415$$

$$\text{diperoleh selisih } S = \pi^2 \mathcal{L}_{r(1)} - \pi^4 \mathcal{L}_{r(1)} = 3.14 - 3.1415 = -0.0015$$

- Untuk $\pi_{10} = 3.1415926535$

$$\pi^{10} \mathcal{L}_{r(1)} = \pi r^2 = 3.1415926535 * 1^2 = 3.1415926535$$

$$\text{diperoleh selisih } S = \pi_{-2} \mathcal{L}_{r(1)} - \pi_{-10} \mathcal{L}_{r(1)} = 3.14 - 3.1415 = -0.0015926535$$

memasuki Jari-jari $R = 40$, besar selisih error luas yang diperoleh sudah berwujud satuan,

- Untuk $\pi_{\text{konvensional}} = \pi_{-2} = 3.14$, luasnya yakni :

$$\pi_{-2} \mathcal{L}_{r(40)} = \pi r^2 = 3.14 * 40^2 = 5024$$

- Untuk $\pi_{-3} = 3.141$, luasnya yakni :

$$\pi_{-3} \mathcal{L}_{r(40)} = \pi r^2 = 3.141 * 40^2 = 5025.600$$

$$\text{diperoleh selisih } S = \pi_{-2} \mathcal{L}_{r(40)} - \pi_{-3} \mathcal{L}_{r(40)} = 5024 - 5025.600 = -1.600$$

- Untuk $\pi_{-4} = 3.1415$, luasnya yakni :

$$\pi_{-4} \mathcal{L}_{r(40)} = \pi r^2 = 3.141 * 40^2 = 5026.4$$

$$\text{diperoleh selisih } S = \pi_{-2} \mathcal{L}_{r(40)} - \pi_{-4} \mathcal{L}_{r(40)} = 5024 - 5026.400 = -2.400$$

- Untuk $\pi_{-10} = 3.1415926535$, luasnya yakni :

$$\pi_{-10} \mathcal{L}_{r(40)} = \pi r^2 = 3.1415926535 * 40^2 = 5026.5482456000$$

$$\text{diperoleh selisih } S = \pi_{-2} \mathcal{L}_{r(40)} - \pi_{-10} \mathcal{L}_{r(40)} = 5024 - 5026.5482456000$$

$$= -2.5482456000$$

Selanjutnya untuk besaran jari-jari $R = 100$, nilai selisih error yang diperoleh mencapai $\frac{1}{10}$ dari besar jari-jarinya.

- Untuk $\pi_{\text{konvensional}} = \pi_2 = 3.14$, luasnya yakni :

$$\pi^2 \mathcal{L}_{r(40)} = \pi r^2 = 3.14 * 100^2 = 31400$$

- Untuk $\pi_3 = 3.141$, luasnya yakni :

$$\pi^3 \mathcal{L}_{r(100)} = \pi r^2 = 3.141 * 100^2 = 31410$$

$$\text{diperoleh selisih } S = \pi^2 \mathcal{L}_{r(100)} - \pi^3 \mathcal{L}_{r(100)} = 31400 - 31410 = -10$$

- Untuk $\pi_4 = 3.1415$, luasnya yakni :

$$\pi^4 \mathcal{L}_{r(100)} = \pi r^2 = 3.141 * 100^2 = 31415$$

$$\text{diperoleh selisih } S = \pi^2 \mathcal{L}_{r(100)} - \pi^4 \mathcal{L}_{r(100)} = 31400 - 31415 = -15$$

- Untuk $\pi_{10} = 3.1415926535$, luasnya yakni :

$$\pi^{10} \mathcal{L}_{r(100)} = \pi r^2 = 3.1415926535 * 100^2 = 31415.926535$$

$$\begin{aligned} \text{diperoleh selisih } S &= \pi^2 \mathcal{L}_{r(100)} - \pi^{10} \mathcal{L}_{r(100)} = 31400 - 31415.926535 \\ &= -15.926535 \end{aligned}$$

Akan cukup mencengangkan mengetahui bahwa saat besaran jari-jari memasuki nilai $R = 1000$, selisih error luas yang diperoleh lebih besar atau sama

dengan nilai jari-jarinya sendiri, yakni berlaku $S \geq R$. Besarnya selisih error ini tentu adalah suatu hal yang akan sangat berbahaya sekali jika diabaikan. Berikut gambaran pengkalkulasiannya :

- Untuk $\pi_{konvensional} = \pi_2 = 3.14$, luasnya yakni :

$$\pi^2 \mathcal{L}_{r(1000)} = \pi r^2 = 3.14 * 1000^2 = 3140000$$

- Untuk $\pi_3 = 3.141$, luasnya yakni :

$$\pi^3 \mathcal{L}_{r(1000)} = \pi r^2 = 3.141 * 1000^2 = 3141000$$

$$\text{diperoleh selisih } S = \pi^2 \mathcal{L}_{r(1)} - \pi^3 \mathcal{L}_{r(1000)} = 3140000 - 3141000 = -1000$$

- Untuk $\pi_4 = 3.1415$, luasnya yakni :

$$\pi^4 \mathcal{L}_{r(1000)} = \pi r^2 = 3.141 * 1000^2 = 3141500$$

$$\text{diperoleh selisih } S = \pi^2 \mathcal{L}_{r(1)} - \pi^4 \mathcal{L}_{r(1000)} = 3140000 - 3141500 = -1500$$

- Untuk $\pi_{10} = 3.1415926535$, luasnya yakni :

$$\pi^{10} \mathcal{L}_{r(1000)} = \pi r^2 = 3.1415926535 * 1000^2 = 31415.92653500$$

$$\begin{aligned} \text{diperoleh selisih } S &= \pi^2 \mathcal{L}_{r(1000)} - \pi^{10} \mathcal{L}_{r(1000)} = 3140000 - 31415.92653500 \\ &= -1592.653500 \end{aligned}$$

Yang terakhir yakni pengkalkulasian Luas lingkaran pada besaran jari-jari Puluhanribu, $R = 10000$. Nilai selisih error luas yang diperoleh sangatlah ekstrem, karena diperoleh selisih Sepuluh kali nilai jari-jarinya, yakni berlaku $S \geq 10R$. Berikut penjabarannya.

- Untuk $\pi_{\text{konvensional}} = \pi_2 = 3.14$, luasnya yakni :

$$\pi^2 \mathcal{L}_{r(10000)} = \pi r^2 = 3.14 * 10000^2 = 314000000$$

- Untuk $\pi_3 = 3.141$, luasnya yakni :

$$\pi^3 \mathcal{L}_{r(10000)} = \pi r^2 = 3.141 * 10000^2 = 314100000$$

$$\begin{aligned} \text{diperoleh selisih } S &= \pi^2 \mathcal{L}_{r(1)} - \pi^3 \mathcal{L}_{r(1)} = 314000000 - 314100000 \\ &= -100000 \end{aligned}$$

- Untuk $\pi_4 = 3.1415$, luasnya yakni :

$$\pi^4 \mathcal{L}_{r(10000)} = \pi r^2 = 3.141 * 10000^2 = 314150000$$

$$\begin{aligned} \text{diperoleh selisih } S &= \pi^2 \mathcal{L}_{r(10000)} - \pi^4 \mathcal{L}_{r(10000)} = 314000000 - 314150000 \\ &= -150000 \end{aligned}$$

- Untuk $\pi_{10} = 3.1415926535$, luasnya yakni :

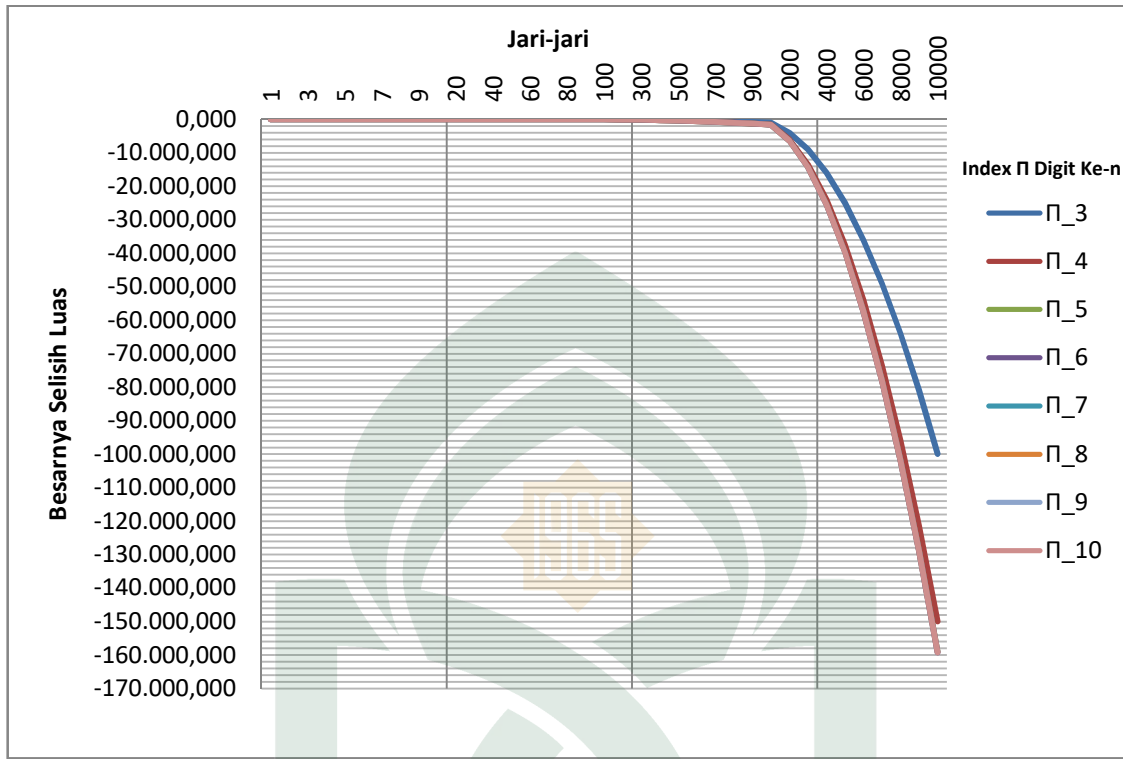
$$\pi^{10} \mathcal{L}_{r(10000)} = \pi r^2 = 3.1415926535 * 100^2 = 314159265.350000$$

$$\begin{aligned}
 \text{diperoleh selisi } S &= \pi^{-2} \mathcal{L}_{r(10000)} - \pi^{-10} \mathcal{L}_{r(10000)} \\
 &= 314000000 - 314159265.350000 \\
 &= -159265.350000
 \end{aligned}$$

Proses diatas merupakan sebagian kecil dari proses penfalsifikasian nilai π _Konvensional. Disini terlihat besarnya nilai error yang meningkat seiring dengan penambahan digit dan juga lompatan-lompatan besaran Jari-jarinya. Hal diatas itu baru berlaku pada pengkalkulasian Nilai Luas Lingkaran, tapi sudah bisa melihat betapa fatalnya jika kita tetap mempertahankan nilai π _Konvensional yakni 3.14. Serupa dengan pengkalkulasian Luas Lingkaran, keinkonsistensian nilai π _Konvensional dapat pula terlihat pada pengkalkulasian Volume Bola, seperti yang ditunjukkan oleh tabel 3 diatas.

C. Penentuan Kriteria Demarkasi pada Nilai π

Untuk meminimalisir besarnya Nilai selisih error yang muncul karena penggunaan nilai π yang tidak sesuai. Maka dibutuhkan aturan-aturan tertentu yang bisa membatasi setiap kemungkinan galat yang muncul dalam proses pengkalkulasian, baik itu untuk mencari besar Luas maupun Volume. Sebelumnya pada pembahasan diatas telah dilihat pelencengan nilai Luas jika kita tetap menggunakan nilai 3.14 sebagai nilai dari π . Berikut Grafik yang bisa menunjukkan pergeseran nilai luas tersebut, dilihat dari nilai selisihnya terhadap jari-jari :



Grafik 1. Pergeseran nilai selisih terhadap Pertambahan Jari-jari pada Luas Lingkaran

Grafik diatas secara jelas menunjukkan bahwa semakin besar jari-jari sebuah lingkaran, maka akan semakin besar pula selisih luasnya saat menggunakan $\pi = 3.14$ sebagai acuan normal. Oleh karena itu perlu kiranya disusun kembali sebuah acuan normal yang sifatnya tidak mutlak. Karena pada dasarnya diketahui bahwa nilai π itu sendiri bukanlah nilai yang pasti.

Kriteria Demarkasi yang bisa ditarik dari penjabaran data-data diatas dapat dituliskan dalam beberapa konjektur-konjektur sebagai berikut :

Konjektur 1. Untuk setiap nilai π berlaku $\pi = 3 + \partial$, dimana $\partial \in \text{Digit desimal } \pi$ dan $0.14 < \partial < 0.2$. Jika diketahui sebuah Jari-jari R pada sebuah lingkaran maka untuk luasnya berlaku :

$$L = \pi R^2 = (3 + \partial)R^2$$

Konjektur 2. Jika diketahui jari-jari R , maka untuk setiap :

- a. $R \leq 10$ dapat berlaku $\pi = 3,14$ dengan error toleransi $e < 0,2$
- b. $R > 10$ dapat berlaku $\pi \neq 3,14$.

Dalam hal ini penggunaan 3,14 sebagai nilai π dibatasi pada besaran Jari-jari $R < 10$, karena nilai error yang dihasilkan sangat kecil. Sedangkan untuk nilai $R > 10$ penggunaan nilai 3,14 sebagai acuan normal sudah tidak dibenarkan. Mengingat perbandingan selisih yang cukup besar yang sebaiknya tidak boleh diabaikan. Semakin kecil tingkat error toleransi e maka semakin baik nilai tersebut mewakili π sebagai titik acuan.

Pada grafik diatas sendiri memperlihatkan selisih yang semakin berimpit pada saat π memiliki digit 5 keatas. Namun pada tabel penfalsifikasian dapat dilihat bahwa selisih luas lingkaran berimpit pada π dengan 9 & 10 digit desimal. Untuk menjawab kebuntuan yang lahir dikarenakan tidak adanya acuan yang pasti pada nilai π saat $R > 10$. Maka perlu pengkajian yang lebih kompleks berkaitan dengan hal tersebut. Dalam hal ini, kita bisa menggunakan geometri fraktal. Geometri fraktal berkaitan erat dengan Himpunan Mandelbrot yang bisa digunakan dalam memecahkan kebuntuan tersebut.

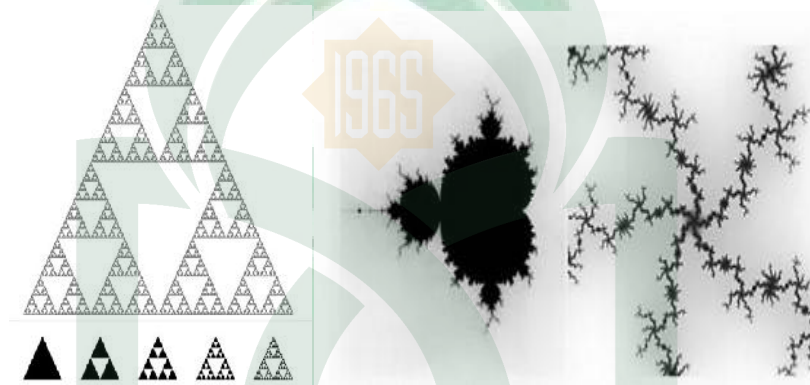
D. Nilai π pada geometri fraktal

Pada pembahasan kali ini penulis tidak akan terlalu jauh membahas masalah yang sebenarnya sangat esensial ini. Karena keterbatasan waktu dan juga referensi maka penulis hanya akan mencoba memaparkan mengenai geometri fraktal secara singkat. Penulis berharap kelak nantinya akan ada pempraktek sains yang lebih mampu dan yang selanjutnya tertarik untuk mengembangkannya lebih jauh. Penulis yakin dengan tekad yang kuat dan tulus, maka setiap kebuntuan yang saat ini penulis temui dalam pembahasan ini bisa terpecahkan demi untuk memperoleh titik temu yang tepat dalam pengambilan konklusi yang sesuai berkaitan dengan geometri fraktal ini.

Fraktal adalah sebuah bangun geometri yang mendeskripsikan objek yang sejenis dalam skala simetris. Ini berarti jika suatu objek diperbesar, bagian-bagian penyusun dari objek tersebut akan identik dengan objek tersebut pada skala penuh. Bentuk fraktal merefleksikan bentuk dirinya sendiri. Bentuknya dapat berupa garis halus, berupa bidang atau bangun seperti yang kita kenal dalam geometri, berupa bentuk kasar atau bergerigi dipengaruhi oleh besar skala objek yang akan diuji.

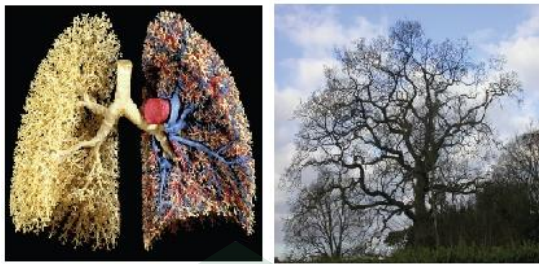
Geometri fraktal sendiri muncul bermula dari penemuan tanpa sengaja pada abad ke-19, ketika itu para matematikawan sedang getol mempelajari prinsip geometri Euclid. Baru pada pertengahan abad Ke-20 penelitian tentang geometri fraktal dilakukan oleh matematikawan Perancis kelahiran Polandia, yang bermigrasi ke Amerika tahun 1958, Benoit N. Mandelbrot. Fenomena adanya fraktal muncul pada tahun 1967 dari sebuah penelitian tentang panjang garis pantai di Inggris yang memperlihatkan ketidakaturan. Dalam perhitungan panjang garis pantai itu, garis

tersebut akan semakin memanjang apabila derajat detail pengukuran dinaikkan. Mandelbrot pun menduga bahwa gunung, awan, sekumpulan galaksi, dan fenomena lainnya mempunyai sifat sejenis fraktal. Mandelbrot menemukan fraktal, keberulangan yang teratur pada skala yang kecil, namun jika bentuk ini diperbesar akan tampak distorsi yang disebut sebagai pembesaran non-linier. Berikut beberapa contoh bangun fraktal dalam geometri :



Gambar 9. Bangun Fraktal Segitiga Sierspinki Standar dan Himpunan Mandelbrot yang berupa bangun Geometri Fraktal.

Tidak hanya untuk kepentingan teori, Geometri fraktal juga merambah ranah keilmuan yang lebih kearah Praktis. Dunia yang selama ini kita anggap sebagai representasi dari Geometri Eulid justru keliru. Karena sesungguhnya kita dikelilingi oleh hal-hal yang fraktal. Tidak ada garis lurus, tidak ada bangun persegi, lingkaran sempurna dan lainnya dialam ini. Semuanya dipenuhi oleh ketidakberaturan dan ketidakpastian. Berikut beberapa hal-hal fraktal yang tidak kita sadari ada pada lingkungan disekitar kita :



Gambar 10. Paru-paru dan Pohon yang secara alami termasuk Geometri Fraktal.

Tidak hanya itu, banyak hal yang selama ini kita anggap sebagai Geometri Euclid dengan bangun yang sempurna, justru sebenarnya adalah Geometri Fraktal. Berikut contohnya :



Gambar 11. Bulan dan Bumi yang dianggap berbentuk lingkaran sempurna



Gambar 12. Bulan dan Bumi pada skala pembesaran tertentu akan terlihat permukaannya yang tidak beraturan yang lebih terlihat sebagai Lingkaran Fraktal.



Gambar 13. Kenampakan Luar angkasa yang dipenuhi oleh hal-hal yang Fraktal.

Banyak Matematikawan terlalu asik dengan dunianya yang dipenuhi oleh simbol-simbol, titik dan garis koordinat, kurva, bangun-bangun Euclid tanpa menyadari bahwa mereka sesungguhnya semakin menjauh dari alam yang lebih nyata.

Hal yang sama berlaku juga pada Penentuan Nilai π . Dengan mudahnya kita menerima 3.14 sebagai nilai acuan normal yang mewakili π , tanpa menyadari bahwa terdapat hal yang cukup fatal jika kita memaksakan penggunaannya secara penuh. Apalagi kita sudah ketahui bahwa nilai tersebut hanya digunakan untuk menghormati hari lahir seorang matematikawan dalam hal ini Einstein yang saat ini jasadnya sudah terkubur mati, itu saja dan tidak lebih. Kita menghormati bangkai dan menghiraukan akibat yang diterima oleh kita semua baik matematikawan maupun bukan yang masih harus hidup untuk menghadapi berbagai permasalahan terkait.

Kita menerima nilai itu untuk kepentingan teori semata, namun jika sudah diterapkan secara praktis maka besaran selisih error yang diterima memiliki jangkauan inkonsistensi yang takterhingga. Pada skala yang lebih kecil, keinkonsistensian itu tidaklah terlalu berpengaruh, namun jika sudah berurusan dengan bangun-bangun dengan luasan yang jauh lebih besar maka akan terlihat perbedaannya.

E. Pengkajian Nilai π secara praktis pada Konsep Riba

Pada pembahasan kali inipun demikian, penulis akan meninjau dampak pemakaian nilai π konvensional secara singkat. Karena pada dasarnya penulis sudah memaparkan besarnya tingkat error yang diperoleh, yang menunjukkan pelencengan yang sangat besar terhadap nilai π yang tepat.

Tidaklah Allah melarang dari sesuatu kecuali karena adanya dampak buruk dan akibat yang tidak baik bagi pelaku. Seperti Allah melarang dari praktek riba, karena berakibat buruk bagi pelakunya, baik di dunia maupun di akhirat kelak. Riba dengan segala bentuknya adalah haram dan merupakan dosa besar yang akan membinasakan pelakunya di dunia dan akhirat. Dengan tegas dalam surah Al-Baqarah (2) ayat 275, Allah *subhanahu wa ta'ala* menyatakan :

الَّذِينَ يَأْكُلُونَ الرِّبَا لَا يَقُومُونَ إِلَّا كَمَا يَقُومُ الَّذِي يَتَخَبَّطُهُ الشَّيْطَانُ مِنَ الْمَسِّ ۚ ذَٰلِكَ بِأَنَّهُمْ
قَالُوا إِنَّمَا الْبَيْعُ مِثْلُ الرِّبَا ۚ وَأَحَلَّ اللَّهُ الْبَيْعَ وَحَرَّمَ الرِّبَا ۚ فَمَنْ جَاءَهُ مَوْعِظَةٌ مِنْ رَبِّهِ فَانْتَهَىٰ فَلَهُ مَا
سَلَفَ وَأَمْرُهُ إِلَى اللَّهِ ۚ وَمَنْ عَادَ فَأُولَٰئِكَ أَصْحَابُ النَّارِ ۖ هُمْ فِيهَا خَالِدُونَ ﴿٢٧٥﴾

Terjemahannya :

‘Orang-orang yang Makan (mengambil) riba tidak dapat berdiri melainkan seperti berdirinya orang yang kemasukan syaitan lantaran (tekanan) penyakit gila. Keadaan mereka yang demikian itu, adalah disebabkan mereka berkata (berpendapat), Sesungguhnya jual beli itu sama dengan riba, Padahal Allah telah menghalalkan jual beli dan mengharamkan riba. Orang-orang yang telah sampai kepadanya larangan dari Tuhannya, lalu terus berhenti (dari mengambil riba), Maka baginya apa yang telah diambilnya dahulu (sebelum datang larangan); dan urusannya (terserah) kepada Allah. orang yang kembali (mengambil riba), Maka orang itu adalah penghuni-penghuni neraka; mereka kekal di dalamnya’.

Allah *subhanahu wa ta'ala* Maha Mengetahui, bahwa praktek riba dengan segala bentuk dan warnanya justru akan berdampak buruk bagi perekonomian setiap pribadi, rumah tangga, masyarakat, dan bahkan perekonomian suatu negara bisa hancur porak-poranda disebabkan praktek ribawi yang dilestarikan keberadaannya itu. Riba tidak akan bisa mendatangkan barakah samasekali. Bahkan sebaliknya, akan menjadi sebab menyimpannya berbagai musibah. Apabila ia berinfak dengan harta hasil riba, maka ia tidak akan mendapat pahala, bahkan sebaliknya hanya akan menjadi bekal menuju neraka.

Dalam hal ini kita harus membedakan antara riba yang disengaja dan riba yang tidak disengaja. Antara riba yang diketahui dan riba yang tidak diketahui munculnya. Kelalaian dalam mengaplikasikan nilai π membuat kita tidak menyadari bahwa kita sebenarnya tengah terjerebab dalam praktek riba yang tidak kita sadari.

Nilai π pada Volume literan misalnya, dapat melenceng hingga cukup besar dari luas yang sebenarnya. Dan nilai selisih error inilah yang penulis katakan sebagai nilai riba. Perbedaan skala Jari-jari akan sangat menentukan besaran selisih pelencengan tersebut, apalagi saat yang menjadi titik acuan adalah $\pi = 3.14$. Sejak awal kita harus meragukan nilai ini dan setiap pengaplikasiannya.



Gambar 14. Perbandingan Skala Literan dengan jari-jari lebih kecil dibandingkan Tangki mobil Bahan Bakar.

Salah satu macam penipuan ialah mengurangi takaran dan timbangan. Al-Quran menganggap penting persoalan ini sebagai salah satu bahagian dari mu'amalah, dan dijadikan sebagai salah satu dari sepuluh wasiatnya di akhir surah Al-Isra' (17) ayat 35, yang berbunyi,

تَأْوِيلًا وَأَحْسَنُ خَيْرٌ ذَٰلِكَ الْمُسْتَقِيمَ بِالْقِسْطَاسِ وَزِنُوا كَلِمَةً إِذَا الْكَيْلَ وَأَوْفُوا ۝

Terjemahannya :

‘Dan sempurnakanlah takaran apabila kamu menakar, dan timbanglah dengan neraca yang benar. Itulah yang lebih utama (bagimu) dan lebih baik akibatnya’.

Oleh kerana itu setiap muslim harus berusaha sekuat tenaga untuk berlaku adil (jujur), sebab keadilan yang sebenarnya jarang dapat diwujudkan. Justru itu sesudah perintah memenuhi timbangan, al-Quran kemudian berkata: "Kami tidak memberi beban kepada seseorang, melainkan menurut kemampuannya." Mu'amalah seperti ini

suatu contoh yang harus dilaksanakan oleh setiap muslim dalam kehidupannya, pergaulannya dan mu'amalahnya. Mereka tidak diperkenankan menakar dengan dua takaran atau menimbang dengan dua timbangan; timbangan pribadi dan timbangan untuk umum; timbangan yang menguntungkan diri dan orang yang disenanginya, dan timbangan untuk orang lain. Kalau untuk dirinya sendiri dan pengikutnya dia penuh timbangan, tetapi untuk orang lain dia kurangnya.

Sebaliknya jika kemunculan riba tersebut adalah hal yang tidak disadari, maka akan mungkin untuk menggap hal itu sebagai suatu ketidaktahuan. Berikut sebuah hadits yang menyinggung hal tersebut :

Dari Buraidah Radliyallaahu 'anhu bahwa Rasulullah Shallallaahu 'alaihi wa Sallam bersabda: *"Hakim itu ada tiga, dua orang di neraka dan seorang lagi di surga. Seorang yang tahu kebenaran dan ia memutuskan dengannya, maka ia di surga; seorang yang tahu kebenaran, namun ia tidak memutuskan dengannya, maka ia di neraka; dan seorang yang tidak tahu kebenaran dan ia memutuskan untuk masyarakat dengan ketidaktahuan, maka ia di neraka."* Riwayat Imam Empat. Hadits shahih menurut Hakim.

Perkara pelencengan nilai π sendiri, pada kesimpulannya sangat esensial untuk diketahui. Karena jika tidak maka bukan hanya riba, masih banyak permasalahan kompleks lain yang mungkin tidak disadari tetapi larut dalam pengkajian. Nilai π pada akhirnya tidak sesuai lagi digunakan dan dipertahankan mengingat banyaknya hal-hal yang bertentangan dengan hal tersebut.

Untuk sementara dalam menanggulangi hal tersebut maka dua konjektur yang penulis tawarkan sebagai solusinya dapat dijadikan tolak ukur sebagai kriteria demarkasinya. Pada Konjektur 2a, nilai $\pi = 3.14$ masih mungkin untuk digunakan karena pelencengan luasnya masih sangat kecil. Namun jika lebih dari hal tersebut maka harus berlakun Konjektur 2b, yakni pertambahan nilai Jari-jari harus diiringi dengan pemilihan nilai π dengan digit yang disesuaikan, demi mengurangi tingkat errornya.



BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan metode penfalsifkasian,

1. Dapat terlihat besarnya nilai selisih error yang meningkat seiring dengan penambahan digit dan juga lompatan-lompatan besaran jari-jari (R) dari π .
 - a. Ketika memasuki besaran jari-jari $R = 40$, nilai selisih error luas yang diperoleh sudah berwujud satuan.
 - b. Selanjutnya untuk besaran jari-jari $R = 100$, nilai selisih error luas yang diperoleh mencapai $\frac{1}{10}$ dari besaran jari-jarinya.
 - c. Memasuki besaran jari-jari $R = 1000$, selisih error luas yang diperoleh menjadi lebih besar atau sama dengan nilai besaran jari-jarinya sendiri, yakni berlaku $S \geq R$.
 - d. Terakhir untuk besaran jari-jari $R = 10000$, nilai selisih error luas yang diperoleh sangatlah ekstrem, karena diperoleh selisih Sepuluh kali nilai besaran jari-jarinya, yakni berlaku $S \geq 10R$.

Hal tersebut diatas tidak hanya berlaku pada pengkalkulasian Nilai Luas Lingkaran, tapi juga pada Volume Bola, Tabung dan bangun lainnya. Sehingga terlihat jelas betapa fatalnya jika tetap mempertahankan nilai $\pi_{\text{konvensional}}$ yakni 3.14 sebagai nilai yang mewakili π .

2. Karenanya itu diperlukan beberapa kriteria-kriteria demarkasi yang dapat dijadikan acuan dalam menentukan nilai π dan sekaligus meminimalisir berbagai pelencengan dari nilai π tersebut. Kriteria Demarkasi itu dapat dituliskan dalam beberapa konjektur berikut :

Konjektur 1. Untuk setiap nilai π berlaku $\pi = 3 + \partial$, dimana $\partial \in \text{besaran digit desimal } \pi$ dan $0.14 < \partial < 0.2$. Jika diketahui sebuah Jari-jari R pada sebuah lingkaran maka untuk luasnya berlaku :

$$L = \pi R^2 = (3 + \partial)R^2$$

Konjektur 2. Jika diketahui jari-jari R, maka untuk setiap :

- a. $R \leq 10$ dapat berlaku $\pi = 3,14$ dengan error toleransi $e < 0,2$
- b. $R > 10$ dapat berlaku $\pi \neq 3,14$.

3. Dalam masalah praktis maka dua konjektur dapat dijadikan solusi dan tolak ukur kriteria demarkasinya. Pada Konjektur 2a, nilai $\pi = 3.14$ masih mungkin untuk digunakan karena pelencengan luasnya masih sangat kecil. Namun jika lebih dari hal tersebut maka harus berlaku Konjektur 2b, yakni pertambahan nilai Jari-jari harus diiringi dengan pemilihan nilai π dengan digit yang disesuaikan, demi mengurangi tingkat errornya.

Bagi permasalahan lain berlaku hal yang sama, adanya kriteria demarkasi tersebut dapat mengurangi munculnya selisih error yang terlalu melebar, entah itu dalam mencari luas maupun volume. Batasan demarkasi yang dicapai melalui proses Falsifikasi tersebut bukan hanya lahir untuk kepentingan teori semata, namun juga sangat mungkin untuk dileburkan dalam permasalahan-permasalahan praktis yang justru pada hakikatnya lebih penting.

B. Saran

Pada penyusunan penelitian ini, penulis menyadari masih banyaknya kekurangan yang muncul. Dikarenakan keterbatasan referensi kepustakaan penunjang dan juga waktu yang diberikan, membuat sedikit banyak penelitian ini masih memiliki banyak kekurangan. Namun beberapa masukan yang diberikan Bapak Dosen, sangat banyak membantu dalam proses penyusunan penelitian singkat ini. Kedepannya jika memungkinkan, maka penelitian ini dapat menjadi bahan pengkajian lanjutan bagi peneliti lainnya yang juga tertarik dalam mengembangkan dan menyempurnakannya. Dengan kebulatan tekad, penelitian yang lebih teliti dan bantuan beberapa pembimbing seperti halnya Bapak/Ibu Dosen, penulis yakin penyusunan kembali penelitian ini bisa terampungkan dengan baik. Bukan hanya untuk disimpan mengisi rak-rak perpustakaan. Akan tetapi besar harapan penulis kelak, pembahasan dalam penelitian ini bisa dikembangkan lebih dalam, dan menjadi bahan pengkajian lebih jauh lagi.

Tabel 3. Falsifikasi Anomali pada Nilai π Konvensional hingga 10 digit desimal untuk Luas Lingkaran.

Luas Lingkaran									
Jari-jari	π _Konvensional	π _Digit-3		π _Digit-4		π _Digit-5		π _Digit-6	
	3.14	3.141	Selisih Luas	3.1415	Selisih Luas	3.14159	Selisih Luas	3.141592	Selisih Luas
1	3.14	3.141	-0.001	3.1415	-0.0015	3.14159	-0.00159	3.141592	-0.001592
2	12.56	12.564	-0.004	12.5660	-0.0060	12.56636	-0.00636	12.566368	-0.006368
3	28.26	28.269	-0.009	28.2735	-0.0135	28.27431	-0.01431	28.274328	-0.014328
4	50.24	50.256	-0.016	50.2640	-0.0240	50.26544	-0.02544	50.265472	-0.025472
5	78.50	78.525	-0.025	78.5375	-0.0375	78.53975	-0.03975	78.539800	-0.039800
6	113.04	113.076	-0.036	113.0940	-0.0540	113.09724	-0.05724	113.097312	-0.057312
7	153.86	153.909	-0.049	153.9335	-0.0735	153.93791	-0.07791	153.938008	-0.078008
8	200.96	201.024	-0.064	201.0560	-0.0960	201.06176	-0.10176	201.061888	-0.101888
9	254.34	254.421	-0.081	254.4615	-0.1215	254.46879	-0.12879	254.468952	-0.128952
10	314.00	314.100	-0.100	314.1500	-0.1500	314.15900	-0.15900	314.159200	-0.159200
20	1256.00	1256.400	-0.400	1256.6000	-0.6000	1256.63600	-0.63600	1256.636800	-0.636800
30	2826.00	2826.900	-0.900	2827.3500	-1.3500	2827.43100	-1.43100	2827.432800	-1.432800
40	5024.00	5025.600	-1.600	5026.4000	-2.4000	5026.54400	-2.54400	5026.547200	-2.547200
50	7850.00	7852.500	-2.500	7853.7500	-3.7500	7853.97500	-3.97500	7853.980000	-3.980000
60	11304.00	11307.600	-3.600	11309.4000	-5.4000	11309.72400	-5.72400	11309.731200	-5.731200
70	15386.00	15390.900	-4.900	15393.3500	-7.3500	15393.79100	-7.79100	15393.800800	-7.800800
80	20096.00	20102.400	-6.400	20105.6000	-9.6000	20106.17600	-10.17600	20106.188800	-10.188800
90	25434.00	25442.100	-8.100	25446.1500	-12.1500	25446.87900	-12.87900	25446.895200	-12.895200
100	31400.00	31410.000	-10.000	31415.0000	-15.0000	31415.90000	-15.90000	31415.920000	-15.920000
200	125600.00	125640.000	-40.000	125660.0000	-60.0000	125663.60000	-63.60000	125663.680000	-63.680000
300	282600.00	282690.000	-90.000	282735.0000	-135.0000	282743.10000	-143.10000	282743.280000	-143.280000
400	502400.00	502560.000	-160.000	502640.0000	-240.0000	502654.40000	-254.40000	502654.720000	-254.720000
500	785000.00	785250.000	-250.000	785375.0000	-375.0000	785397.50000	-397.50000	785398.000000	-398.000000
600	1130400.00	1130760.000	-360.000	1130940.0000	-540.0000	1130972.40000	-572.40000	1130973.120000	-573.120000
700	1538600.00	1539090.000	-490.000	1539335.0000	-735.0000	1539379.10000	-779.10000	1539380.080000	-780.080000
800	2009600.00	2010240.000	-640.000	2010560.0000	-960.0000	2010617.60000	-1017.60000	2010618.880000	-1018.880000
900	2543400.00	2544210.000	-810.000	2544615.0000	-1215.0000	2544687.90000	-1287.90000	2544689.520000	-1289.520000
1000	3140000.00	3141000.000	-1000.000	3141500.0000	-1500.0000	3141590.00000	-1590.00000	3141592.000000	-1592.000000
2000	12560000.00	12564000.000	-4000.000	12566000.0000	-6000.0000	12566360.00000	-6360.00000	12566368.000000	-6368.000000
3000	28260000.00	28269000.000	-9000.000	28273500.0000	-13500.0000	28274310.00000	-14310.00000	28274328.000000	-14328.000000
4000	50240000.00	50256000.000	-16000.000	50264000.0000	-24000.0000	50265440.00000	-25440.00000	50265472.000000	-25472.000000
5000	78500000.00	78525000.000	-25000.000	78537500.0000	-37500.0000	78539750.00000	-39750.00000	78539800.000000	-39800.000000
6000	113040000.00	113076000.000	-36000.000	113094000.0000	-54000.0000	113097240.00000	-57240.00000	113097312.000000	-57312.000000
7000	153860000.00	153909000.000	-49000.000	153933500.0000	-73500.0000	153937910.00000	-77910.00000	153938008.000000	-78008.000000
8000	200960000.00	201024000.000	-64000.000	201056000.0000	-96000.0000	201061760.00000	-101760.00000	201061888.000000	-101888.000000
9000	254340000.00	254421000.000	-81000.000	254461500.0000	-121500.0000	254468790.00000	-128790.00000	254468952.000000	-128952.000000
10000	314000000.00	314100000.000	-100000.000	314150000.0000	-150000.0000	314159000.00000	-159000.00000	314159200.000000	-159200.000000

Muhammad Arif Syam, S.Mat.

Luas Lingkaran									
Jari-jari	π _Konvensional	π _Digit-7		π _Digit-8		π _Digit-9		π _Digit-10	
		3.14	3.1415926 Selisih Luas	3.14159265 Selisih Luas	3.141592653 Selisih Luas	3.1415926535 Selisih Luas			
1	3.14	3.1415926	-0.0015926	3.14159265	-0.00159265	3.141592653	-0.001592653	3.1415926535	-0.0015926535
2	12.56	12.5663704	-0.0063704	12.56637060	-0.00637060	12.566370612	-0.006370612	12.5663706140	-0.0063706140
3	28.26	28.2743334	-0.0143334	28.27433385	-0.01433385	28.274333877	-0.014333877	28.2743338815	-0.0143338815
4	50.24	50.2654816	-0.0254816	50.26548240	-0.02548240	50.265482448	-0.025482448	50.2654824560	-0.0254824560
5	78.50	78.5398150	-0.0398150	78.53981625	-0.03981625	78.539816325	-0.039816325	78.5398163375	-0.0398163375
6	113.04	113.0973336	-0.0573336	113.09733540	-0.05733540	113.097335508	-0.057335508	113.0973355260	-0.0573355260
7	153.86	153.9380374	-0.0780374	153.93803985	-0.07803985	153.938039997	-0.078039997	153.9380400215	-0.0780400215
8	200.96	201.0619264	-0.1019264	201.06192960	-0.10192960	201.061929792	-0.101929792	201.0619298240	-0.1019298240
9	254.34	254.4690006	-0.1290006	254.46900465	-0.12900465	254.469004893	-0.129004893	254.4690049335	-0.1290049335
10	314.00	314.1592600	-0.1592600	314.15926500	-0.15926500	314.159265300	-0.159265300	314.1592653500	-0.1592653500
20	1256.00	1256.6370400	-0.6370400	1256.63706000	-0.63706000	1256.637061200	-0.637061200	1256.6370614000	-0.6370614000
30	2826.00	2827.4333400	-1.4333400	2827.43338500	-1.43338500	2827.433387700	-1.433387700	2827.4333881500	-1.4333881500
40	5024.00	5026.5481600	-2.5481600	5026.54824000	-2.54824000	5026.548244800	-2.548244800	5026.5482456000	-2.5482456000
50	7850.00	7853.9815000	-3.9815000	7853.98162500	-3.98162500	7853.981632500	-3.981632500	7853.9816337500	-3.9816337500
60	11304.00	11309.7333600	-5.7333600	11309.73354000	-5.73354000	11309.733550800	-5.733550800	11309.7335526000	-5.7335526000
70	15386.00	15393.8037400	-7.8037400	15393.80398500	-7.80398500	15393.803999700	-7.803999700	15393.8040021500	-7.8040021500
80	20096.00	20106.1926400	-10.1926400	20106.19296000	-10.19296000	20106.192979200	-10.192979200	20106.1929824000	-10.1929824000
90	25434.00	25446.9000600	-12.9000600	25446.90046500	-12.90046500	25446.900489300	-12.900489300	25446.9004933500	-12.9004933500
100	31400.00	31415.9260000	-15.9260000	31415.92650000	-15.92650000	31415.926530000	-15.926530000	31415.9265350000	-15.9265350000
200	125600.00	125663.7040000	-63.7040000	125663.70600000	-63.70600000	125663.706120000	-63.706120000	125663.7061400000	-63.7061400000
300	282600.00	282743.3340000	-143.3340000	282743.33850000	-143.33850000	282743.338770000	-143.338770000	282743.3388150000	-143.3388150000
400	502400.00	502654.8160000	-254.8160000	502654.82400000	-254.82400000	502654.824480000	-254.824480000	502654.8245600000	-254.8245600000
500	785000.00	785398.1500000	-398.1500000	785398.16250000	-398.16250000	785398.163250000	-398.163250000	785398.1633750000	-398.1633750000
600	1130400.00	1130973.3360000	-573.3360000	1130973.35400000	-573.35400000	1130973.355080000	-573.355080000	1130973.3552600000	-573.3552600001
700	1538600.00	1539380.3740000	-780.3740000	1539380.39850000	-780.39850000	1539380.399970000	-780.399970000	1539380.4002150000	-780.4002149999
800	2009600.00	2010619.2640000	-1019.2640000	2010619.29600000	-1019.29600000	2010619.297920000	-1019.297920000	2010619.2982400000	-1019.2982400001
900	2543400.00	2544690.0060000	-1290.0060000	2544690.04650000	-1290.04650000	2544690.048930000	-1290.048930000	2544690.0493350000	-1290.0493350001
1000	3140000.00	3141592.6000000	-1592.6000000	3141592.65000000	-1592.65000000	3141592.653000000	-1592.653000000	3141592.6535000000	-1592.6535000000
2000	12560000.00	12566370.4000000	-6370.4000000	12566370.60000000	-6370.60000000	12566370.612000000	-6370.612000000	12566370.6140000000	-6370.6140000001
3000	28260000.00	28274333.4000000	-14333.4000000	28274333.85000000	-14333.85000000	28274333.877000000	-14333.877000000	28274333.8815000000	-14333.8815000019
4000	50240000.00	50265481.6000000	-25481.6000000	50265482.40000000	-25482.40000001	50265482.448000000	-25482.447999999	50265482.4560000000	-25482.4560000002
5000	78500000.00	78539815.0000000	-39815.0000000	78539816.25000000	-39816.25000000	78539816.325000000	-39816.325000003	78539816.3375000000	-39816.3375000059
6000	113040000.00	113097333.6000000	-57333.6000000	113097335.40000000	-57335.40000001	113097335.508000000	-57335.508000001	113097335.5260000000	-57335.5260000079
7000	153860000.00	153938037.4000000	-78037.4000000	153938039.85000000	-78039.85000002	153938039.997000000	-78039.997000009	153938040.0215000000	-78040.0214999914
8000	200960000.00	201061926.4000000	-101926.4000000	201061929.60000000	-101929.60000002	201061929.792000000	-101929.791999996	201061929.8240000000	-101929.8240000010
9000	254340000.00	254469000.6000000	-129000.6000000	254469004.65000000	-129004.65000001	254469004.893000000	-129004.893000007	254469004.9335000000	-129004.9334999920
10000	314000000.00	314159260.0000000	-159260.0000000	314159265.00000000	-159265.00000000	314159265.300000000	-159265.300000012	314159265.3500000000	-159265.3500000240

Muhammad Arif Syam, S.Mat.

Tabel 4. Falsifikasi Anomali pada Nilai π Konvensional hingga 10 digit desimal untuk Volume Bola.

Jari-jari	Volume Bola									
	π _Konvensional		π _Digit-3		π _Digit-4		π _Digit-5		π _Digit-6	
	3.14	3.141	Selisih	3.1415	Selisih	3.14159	Selisih	3.141592	Selisih	
1	4.19	4.188	-0.001	4.1887	-0.0020	4.18879	-0.00212	4.188789	-0.002123	
2	33.49	33.504	-0.011	33.5093	-0.0160	33.51029	-0.01696	33.510315	-0.016981	
3	113.04	113.076	-0.036	113.0940	-0.0540	113.09724	-0.05724	113.097312	-0.057312	
4	267.95	268.032	-0.085	268.0747	-0.1280	268.08235	-0.13568	268.082517	-0.135851	
5	523.33	523.500	-0.167	523.5833	-0.2500	523.59833	-0.26500	523.598667	-0.265333	
6	904.32	904.608	-0.288	904.7520	-0.4320	904.77792	-0.45792	904.778496	-0.458496	
7	1436.03	1436.484	-0.457	1436.7127	-0.6860	1436.75383	-0.72716	1436.754741	-0.728075	
8	2143.57	2144.256	-0.683	2144.5973	-1.0240	2144.65877	-1.08544	2144.660139	-1.086805	
9	3052.08	3053.052	-0.972	3053.5380	-1.4580	3053.62548	-1.54548	3053.627424	-1.547424	
10	4186.67	4188.000	-1.333	4188.6667	-2.0000	4188.78667	-2.12000	4188.789333	-2.122667	
20	33493.33	33504.000	-10.667	33509.3333	-16.0000	33510.29333	-16.96000	33510.314667	-16.981333	
30	113040.00	113076.000	-36.000	113094.0000	-54.0000	113097.24000	-57.24000	113097.312000	-57.312000	
40	267946.67	268032.000	-85.333	268074.6667	-128.0000	268082.34667	-135.68000	268082.517333	-135.850667	
50	523333.33	523500.000	-166.667	523583.3333	-250.0000	523598.33333	-265.00000	523598.666667	-265.333333	
60	904320.00	904608.000	-288.000	904752.0000	-432.0000	904777.92000	-457.92000	904778.496000	-458.496000	
70	1436026.67	1436484.000	-457.333	1436712.6667	-686.0000	1436753.82667	-727.16000	1436754.741333	-728.074667	
80	2143573.33	2144256.000	-682.667	2144597.3333	-1024.0000	2144658.77333	-1085.44000	2144660.138667	-1086.805333	
90	3052080.00	3053052.000	-972.000	3053538.0000	-1458.0000	3053625.48000	-1545.48000	3053627.424000	-1547.424000	
100	4186666.67	4188000.000	-1333.333	4188666.6667	-2000.0000	4188786.66667	-2120.00000	4188789.333333	-2122.666667	
200	33493333.33	33504000.000	-10666.667	33509333.3333	-16000.0000	33510293.33333	-16960.00000	33510314.666667	-16981.333333	
300	113040000.00	113076000.000	-36000.000	113094000.0000	-54000.0000	113097240.00000	-57240.00000	113097312.000000	-57312.000000	
400	267946666.67	268032000.000	-85333.333	268074666.6667	-128000.0000	268082346.66667	-135680.00000	268082517.333333	-135850.666667	
500	523333333.33	523500000.000	-166666.667	523583333.3333	-250000.0000	523598333.33333	-265000.00000	523598666.666667	-265333.333333	
600	904320000.00	904608000.000	-288000.000	904752000.0000	-432000.0000	904777920.00000	-457920.00000	904778496.000000	-458496.000000	
700	1436026666.67	1436484000.000	-457333.333	1436712666.6667	-686000.0000	1436753826.66667	-727160.00000	1436754741.333330	-728074.666667	
800	2143573333.33	2144256000.000	-682666.667	2144597333.3333	-1024000.0000	2144658773.33333	-1085440.00000	2144660138.666670	-1086805.333333	
900	3052080000.00	3053052000.000	-972000.000	3053538000.0000	-1458000.0000	3053625480.00000	-1545480.00000	3053627424.000000	-1547424.000000	
1000	4186666666.67	4188000000.000	-1333333.333	4188666666.6667	-2000000.0000	4188786666.66667	-2120000.00000	4188789333.333330	-2122666.666667	
2000	33493333333.33	33504000000.000	-10666666.667	33509333333.3333	-16000000.0000	33510293333.33330	-16960000.00000	33510314666.666700	-16981333.333332	
3000	113040000000.00	113076000000.000	-36000000.000	113094000000.0000	-54000000.0000	113097240000.00000	-57239999.99998	113097312000.000000	-57312000.000000	
4000	267946666666.67	268032000000.000	-85333333.333	268074666666.6670	-128000000.0000	268082346666.66700	-135679999.99997	268082517333.333000	-135850666.666656	
5000	523333333333.33	523500000000.000	-166666666.667	523583333333.3330	-250000000.0000	523598333333.33300	-264999999.99994	523598666666.667000	-265333333.333374	
6000	904320000000.00	904608000000.000	-288000000.000	904752000000.0000	-431999999.9999	904777920000.00000	-457919999.99988	904778496000.000000	-458496000.000000	
7000	1436026666666.67	1436484000000.000	-457333333.333	1436712666666.6700	-685999999.9998	1436753826666.67000	-727159999.99976	1436754741333.330000	-728074666.666504	
8000	2143573333333.33	2144256000000.000	-682666666.667	2144597333333.3300	-1024000000.0000	2144658773333.33000	-1085439999.99976	2144660138666.670000	-1086805333.333250	
9000	3052080000000.00	3053052000000.000	-972000000.000	3053538000000.0000	-1457999999.9995	3053625480000.00000	-1545479999.99951	3053627424000.000000	-1547424000.000000	
10000	4186666666666.67	4188000000000.000	-1333333333.333	4188666666666.6700	-2000000000.0000	4188786666666.67000	-2119999999.99951	4188789333333.330000	-2122666666.666990	

Muhammad Arif Syam, S.Mat.

Jari-jari	Volume Bola									
	π _Konvensional		π _Digit-7		π _Digit-8		π _Digit-9		π _Digit-10	
	3.14	3.1415926	Selisih	3.14159265	Selisih	3.141592653	Selisih	3.1415926535	Selisih	
1	4.19	4.1887901	-0.0021235	4.18879020	-0.00212353	4.188790204	-0.002123537	4.1887902047	-0.0021235380	
2	33.49	33.5103211	-0.0169877	33.51032160	-0.01698827	33.510321632	-0.016988299	33.5103216373	-0.0169883040	
3	113.04	113.0973336	-0.0573336	113.09733540	-0.05733540	113.097335508	-0.057335508	113.0973355260	-0.0573355260	
4	267.95	268.0825685	-0.1359019	268.08257280	-0.13590613	268.082573056	-0.135906389	268.0825730987	-0.1359064320	
5	523.33	523.5987667	-0.2654333	523.59877500	-0.26544167	523.598775500	-0.265442167	523.5987755833	-0.2654422500	
6	904.32	904.7786688	-0.4586688	904.77868320	-0.45868320	904.778684064	-0.458684064	904.7786842080	-0.4586842080	
7	1436.03	1436.7550157	-0.7283491	1436.75503860	-0.72837193	1436.755039972	-0.728373305	1436.7550402007	-0.7283735340	
8	2143.57	2144.6605483	-1.0872149	2144.66058240	-1.08724907	2144.660584448	-1.087251115	2144.6605847893	-1.0872514560	
9	3052.08	3053.6280072	-1.5480072	3053.62805580	-1.54805580	3053.628058716	-1.548058716	3053.6280592020	-1.5480592020	
10	4186.67	4188.7901333	-2.1234667	4188.79020000	-2.12353333	4188.790204000	-2.123537333	4188.7902046667	-2.1235380000	
20	33493.33	33510.3210667	-16.9877333	33510.32160000	-16.98826667	33510.321632000	-16.988298667	33510.3216373333	-16.9883040000	
30	113040.00	113097.3336000	-57.3336000	113097.33540000	-57.33540000	113097.335508000	-57.335508000	113097.3355260000	-57.3355260000	
40	267946.67	268082.5685333	-135.9018667	268082.57280000	-135.90613333	268082.573056000	-135.906389333	268082.5730986670	-135.9064320000	
50	523333.33	523598.7666667	-265.4333333	523598.77500000	-265.44166667	523598.775500000	-265.442166667	523598.7755833330	-265.4422500000	
60	904320.00	904778.6688000	-458.6688000	904778.68320000	-458.68320000	904778.684064000	-458.684064000	904778.6842080000	-458.6842080000	
70	1436026.67	1436755.0157333	-728.3490667	1436755.03860000	-728.37193333	1436755.039972000	-728.373305333	1436755.0402006700	-728.3735340000	
80	2143573.33	2144660.5482667	-1087.2149333	2144660.58240000	-1087.24906667	2144660.584448000	-1087.251114666	2144660.5847893300	-1087.2514559999	
90	3052080.00	3053628.0072000	-1548.0072000	3053628.05580000	-1548.05580000	3053628.058716000	-1548.058716000	3053628.0592020000	-1548.0592020000	
100	4186666.67	4188790.1333333	-2123.4666667	4188790.20000000	-2123.53333333	4188790.204000000	-2123.537333333	4188790.2046666700	-2123.5380000002	
200	33493333.33	33510321.0666667	-16987.7333333	33510321.60000000	-16988.26666667	33510321.632000000	-16988.298666667	33510321.6373333000	-16988.3040000014	
300	113040000.00	113097333.6000000	-57333.6000000	113097335.40000000	-57335.39999999	113097335.508000000	-57335.508000001	113097335.5260000000	-57335.5260000079	
400	267946666.67	268082568.5333330	-135901.8666666	268082572.80000000	-135906.13333333	268082573.056000000	-135906.389333338	268082573.0986670000	-135906.4320000110	
500	523333333.33	523598766.6666670	-265433.3333333	523598775.00000000	-265441.66666663	523598775.500000000	-265442.166666687	523598775.5833330000	-265442.2500000000	
600	904320000.00	904778668.8000000	-458668.7999998	904778683.20000000	-458683.19999993	904778684.064000000	-458684.064000010	904778684.2080000000	-458684.2080000640	
700	1436026666.67	1436755015.7333300	-728349.0666664	1436755038.60000000	-728371.93333316	1436755039.972000000	-728373.305333376	1436755040.2006700000	-728373.5339999200	
800	2143573333.33	2144660548.2666700	-1087214.9333332	2144660582.40000000	-1087249.06666660	2144660584.448000000	-1087251.114666700	2144660584.7893300000	-1087251.4560000900	
900	3052080000.00	3053628007.2000000	-1548007.1999998	3053628055.80000000	-1548055.79999971	3053628058.716000000	-1548058.716000080	3053628059.2020000000	-1548059.2020001400	
1000	4186666666.67	4188790133.3333300	-2123466.6666665	4188790200.00000000	-2123533.33333302	4188790204.000000000	-2123537.333333490	4188790204.6666700000	-2123538.0000000000	
2000	33493333333.33	33510321066.6667000	-16987733.3333321	33510321600.00000000	-16988266.66666410	33510321632.000000000	-16988298.666667900	33510321637.3333000000	-16988304.0000000000	
3000	113040000000.00	113097333600.0000000	-57333599.9999847	113097335400.00000000	-57335399.99998470	113097335508.000000000	-57335508.000000000	113097335526.0000000000	-57335526.0000000000	
4000	267946666666.67	268082568533.3330000	-135901866.6666560	268082572800.00000000	-135906133.33331300	268082573056.000000000	-135906389.333344000	268082573098.6670000000	-135906432.0000000000	
5000	523333333333.33	523598766666.6670000	-265433333.3333130	523598775000.00000000	-265441666.66662600	523598775500.000000000	-265442166.666687000	523598775583.3330000000	-265442250.0000000000	
6000	904320000000.00	904778668800.0000000	-458668799.9998780	904778683200.00000000	-458683199.99987800	904778684064.000000000	-458684064.000000000	904778684208.0000000000	-458684208.0000000000	
7000	1436026666666.67	1436755015733.3300000	-728349066.6665040	1436755038600.00000000	-728371933.33325200	1436755039972.000000000	-728373305.333252000	1436755040200.6700000000	-728373534.0000000000	
8000	2143573333333.33	2144660548266.6700000	-1087214933.3332500	2144660582400.00000000	-1087249066.66650000	2144660584448.000000000	-1087251114.666750000	2144660584789.3300000000	-1087251456.0000000000	
9000	3052080000000.00	3053628007200.0000000	-1548007199.9995100	3053628055800.00000000	-1548055800.00000000	3053628058716.000000000	-1548058716.000000000	3053628059202.0000000000	-1548059202.0000000000	
10000	4186666666666.67	4188790133333.3300000	-2123466666.6665000	4188790200000.00000000	-2123533333.33301000	4188790204000.000000000	-2123537333.333500000	4188790204666.6700000000	-2123538000.0000000000	

DAFTAR PUSTAKA

- Arndt, Jorg. *π Unleashed*. New York : Springer, 2001.
- Ahmad, Syed Akheel. *Islam and Scientific Enterprise*. New Delhi : LKI Publishing House, 2008.
- As-Sirjani, Raghieb. *The Harmony of Humanity : Teori Baru Pergaulan antar-Bangsa berdasarkan Kesamaan Manusia*. Jakarta Timur : Pustaka Al-Kautsar, 2015.
- Bagir A., Zainal. *Integrasi Ilmu dan Agama : Interpretasi dan Aksi*. Bandung : Mizan Media Utama, 2005.
- Effendy, Muslimin. *Monumen Islam di Sulawesi Selatan*. Makassar : Danarosi Media, 2013.
- Firas, Alkhateeb. *Lost Islamic History : Reclaiming Muslim Civilisation from The Past*. London : Hurst & Co., 2014.
- Hodgendijk, Jan P. *The Enterprise of Science in Islam : New Perspectives*. Cambridge : MIT Press, 2003.
- J.L Berggren. *Episodes in The Mathematics of Medieval Islam*. Burnaby : Springer, 2016.
- Lim, Francis. *Filsafat Teknologi : Don Ihde Tentang Dunia, Manusia, dan Alat*. Cet.V. Yogyakarta : Kaisanus. 2012
- M.T. Zen. *Sains, Teknologi dan Hari Depan Manusia*. Jakarta : Gramedia, 1981.

Magee, Bryan. *Popper*. Milton Park : Frank Cass, 1974.

_____. *The Story of Philosophy : Kisah tentang Filsafat*. Cet.V. Yogyakarta : Kanisius, 2012.

Parvin, Phil. *Major Conservative and Libertarian Thinkers : Karl Popper*. New York: Continuum International, 2010.

Pierre, Eymard. *The Number π* . Cet.X. America : AMS, 2010.

Popper R., Karl. *Logika Penemuan Ilmiah*. Yogyakarta : Pustaka Pelajar, 2008.

Posamentier S., Alfred. *Pi (π) : A Biography of The World's Most Mysterious Number*. Cet.V. New York : Prometheus Books, 2008.

Raphael, Frederic. *The Great Philosopher : POPPER*. New York : Orion House. 1999.

Samuel, Khun Thomas. *The Structure of Scientific Revolution : Peran Paradigma dalam Revolusi Sains*. Cet.VI. Bandung : Remaja Rosdakarya, 1994.

Tjandrasasmita, Uka. *Arkeologi Islam Nusantara*. Jakarta : KPG, 2007.

Wattimena Reza. *Filsafat dan Sains : Sebuah Pengantar*. Jakarta : Grasindo, 2008.

David H. Bailey, *The Quest For PI (π)*, 1996. (Diakses pada tanggal 9 April 2013
<http://www.docserver.carma.newcastle.edu.au>)

_____, *Some Background on Kanada's Recent π Calculation*, diterbitkan
Muhammad Arief Syam, S.Mat,
tanggal 16 Mei 2003 (Diakses pada tanggal 20 Mei 2013
<http://www.docserver.carma.newcastle.edu.au>)

Jonathan M. Borwein, *The Life of PI (π) : From Archimedes to ENIAC and Beyond*,

Terbit pada 29 Juli 2004 (Diakses pada tanggal 26 April 2013

<http://www.docserver.carma.newcastle.edu.au>)

Mason S. Macklem & Jonathan M. Borwein, *The (Digital) Life of PI (π)*, Terbit pada

tahun 2004 (Diakses pada tanggal 9 April 2013

<http://www.docserver.carma.newcastle.edu.au>)





UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
ALAUDDIN
M A K A S S A R

Tabel Pengkomputasian Nilai π dari Tahun 2000SM hingga Kini

Nama /Pengkalkulasi	Tahun	Akurasi Jumlah Digit Desimal yang Benar	Nilai π yang Diperoleh
Babilonia Kuno	2000?SM	1	$3.125 = 3 + 1/8$
Mesir Kuno	2000?SM	1	$3.16045 = 4 (8/9)^2$
China	1200?SM	1	3
Bible	550?SM	1	3
Arcimedes	250?SM	3	3.1418
Vitruvius	15SM	1	3.125
Hon Han Shu	130M	1	$3.1622 = \sqrt{10}$
Ptolomeus	150M	3	3.14166
Wang Fau	250?M	1	$3.155555 = 142/45$
Lui Hui	263	5	3.14159
Siddhanta	380	3	3.1416
Tsu Ch'ung Chi	480?	7	$3.1415926 = 355/113$
Aryabhata	499	4	$3.14156 = 62832/20000$
Brahmagupta	640?	1	$3.162277 = \sqrt{10}$
Al-Khowarizmi	800	4	3.1416
Fibonacci	1220	3	3.141818
Al-Kashi	1430	12	3.1415926535898732
Otho	1573	6	3.1415929
Viete	1593	9	3.1415926536
Romanus	1593	15	3.141592653589793
Van Ceulen	1596	20	3.14159265358979323846
Van Ceulen	1615	35	3.1415926535897932384626433832795029
Newton	1665	16	
Sharp	1699	71	
Seki Kowa	1700?	10	
Machin	1706	100	
De Lagny	1719	127	(Hanya 112 yang benar)
Takebe	1723	41	
Kamata	1730?	25	
Matsunaga	1739	50	
Von Vega	1794	140	(Hanya 136 yang benar)
Rutherford	1824	208	(Hanya 152 yang benar)
Strassnitzky / Dase	1844	200	

Clausen	1847	248	
Lehmann	1853	261	
Rutherford	1853	440	
William Shanks	1873	707	(Hanya 527 yang benar)
Ferguson	1946	620	
Ferguson	1947	710	
Ferguson & Wrench	1947	808	
Smith & Wrench	1949	1,120	
Reitweiser (menggunakan ENIAC)	1949	2,037	
Nicholson & Jeanel	1954	3,092	
Felton	1957	7,480	
Genuys	1958	10,000	
Felton	1958	10,021	
Genuys	1959	16,167	
Daniel Shanks & Wrench	1961	100,265	
Guilloud & Filliatre	1966	250,000	
Guilloud & Dichampt	1967	500,000	
Guilloud & Bouyer	1973	1,001,250	
Miyoshi & Kanada	1981	2,000,036	
Guilloud	1982	2,000,050	
Tamura	1982	2,097,144	
Tamura & Kanada	1982	4,194,288	
Tamura & Kanada	1982	8,388,576	
Kanada, Yoshino & Tamura	1982	16,777,206	
Ushiro & Kanada	1983	10,013,395	
Gosper	1985	17,526,200	
Bailey	1986	29,360,111	
Kanada & Tamura	1986	33,554,414	
Kanada & Tamura	1986	67,108,839	
Kanada, Tamura, Kubo	1987	134,217,700	
Kanada & Tamura	1988	201,326,551	
Chudnovskys	1989	480,000,000	
Chudnovskys	1989	525,229,270	
Kanada & Tamura	1989	536,870,898	
Chudnovskys	1989	1,011,196,691	
Kanada & Tamura	1989	1,073,740,799	
Chudnovskys	1991	2,260,000,000	

Chudnovskys	1994	4,044,000,000
Takahashi & Kanada	1995	3,221,225,466
Takahashi & Kanada	Agustus 1995	4,294,967,286
Takahashi & Kanada	September 1995	6,442,450,938
Takahashi & Kanada	Juni 1997	51,539,600,000
Takahashi & Kanada	April 1999	68,719,470,000
Takahashi & Kanada	September 1999	206,159,430,000
Kanada & Sembilan Asistannya dari Universitas Tokyo	September 2002	1,241,100,000,000

